NOVA

1|2 B

MAVO|HAVO

NaSk



NAAM EN KLAS:

MALMBERG

NOVA

1|2 MAVO|HAVO Deel B

NaSk

Auteurs
R. Cremers
P. van Hoeflaken
F. Kan
M. Kelder
L. Lenders
P. Oosterlaak
C. Schatorjé
T. Seynaeve
R. Tromp

Eindredactie
S. Michon

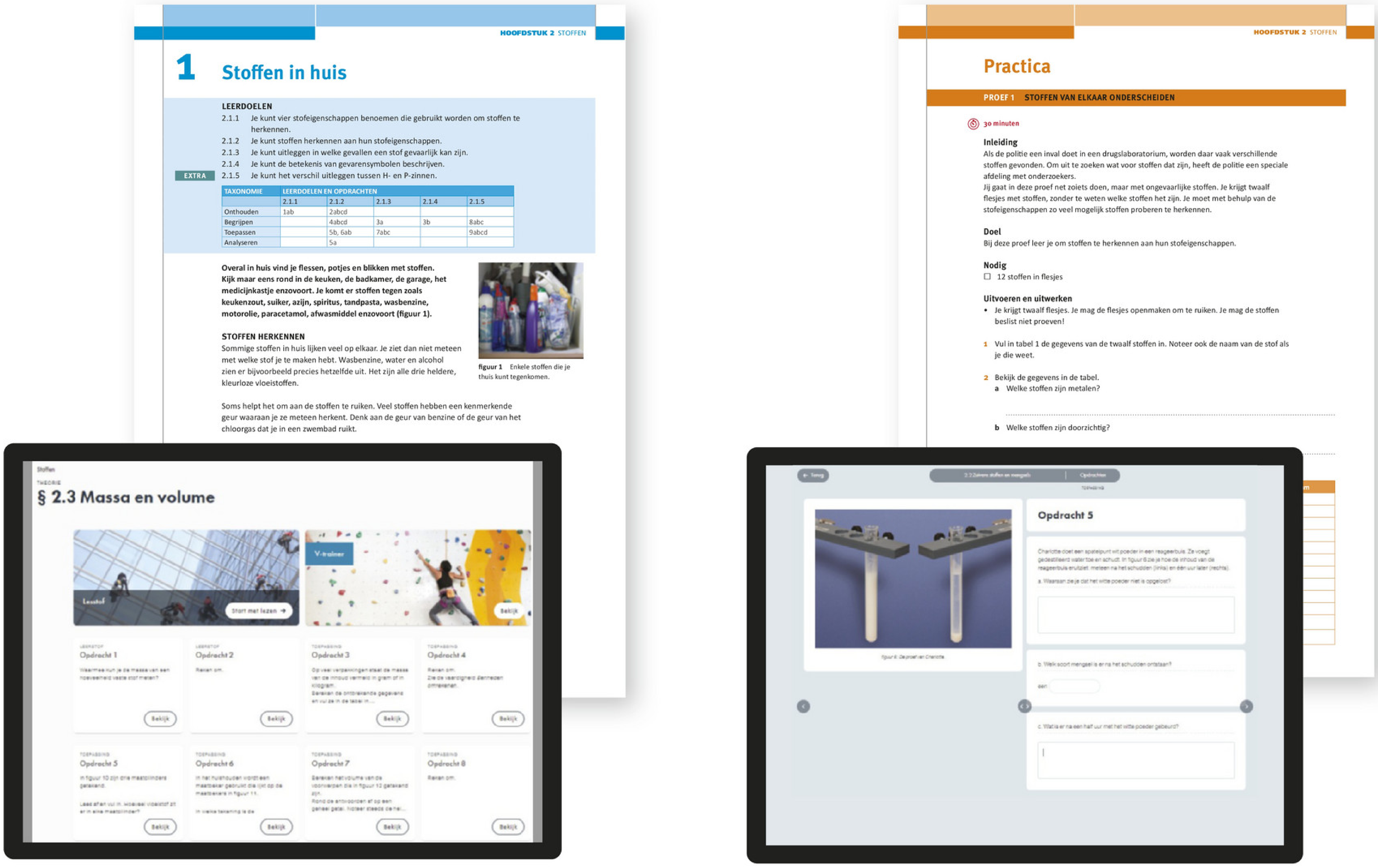
MAX Release 2021

www.malmberg.nl/nova-natuurkunde
Malmberg, 's-Hertogenbosch

Aan de slag met Nova

Waarom Nova?

Natuur- en scheikunde gaat over de wereld om je heen. Met Nova heb je alles binnen handbereik om dit te ervaren, te beleven en te ontdekken!



Werk in je boek én online!

Er zijn twee boeken per leerjaar en een online leeromgeving. Je docent kiest wat je online doet (met laptop, tablet of telefoon) en wat in je boek. Elk hoofdstuk is verdeeld in theorieparagrafen, practica, een praktijkartikel en een leerstofoverzicht. Aan het begin van elke paragraaf is met leerdoelen aangegeven wat je gaat leren. Aan het einde van elke paragraaf staat extra stof. In het onderdeel practica ga je met proeven aan de slag en leer je onderzoeken. Aan het einde van elk hoofdstuk staat een praktijkartikel, waarin een deel van de lesstof in een situatie uit het dagelijks leven of de wetenschap wordt besproken. In de afsluiting vind je de onderdelen Onthoud en Begrippen.

Voordelen van online

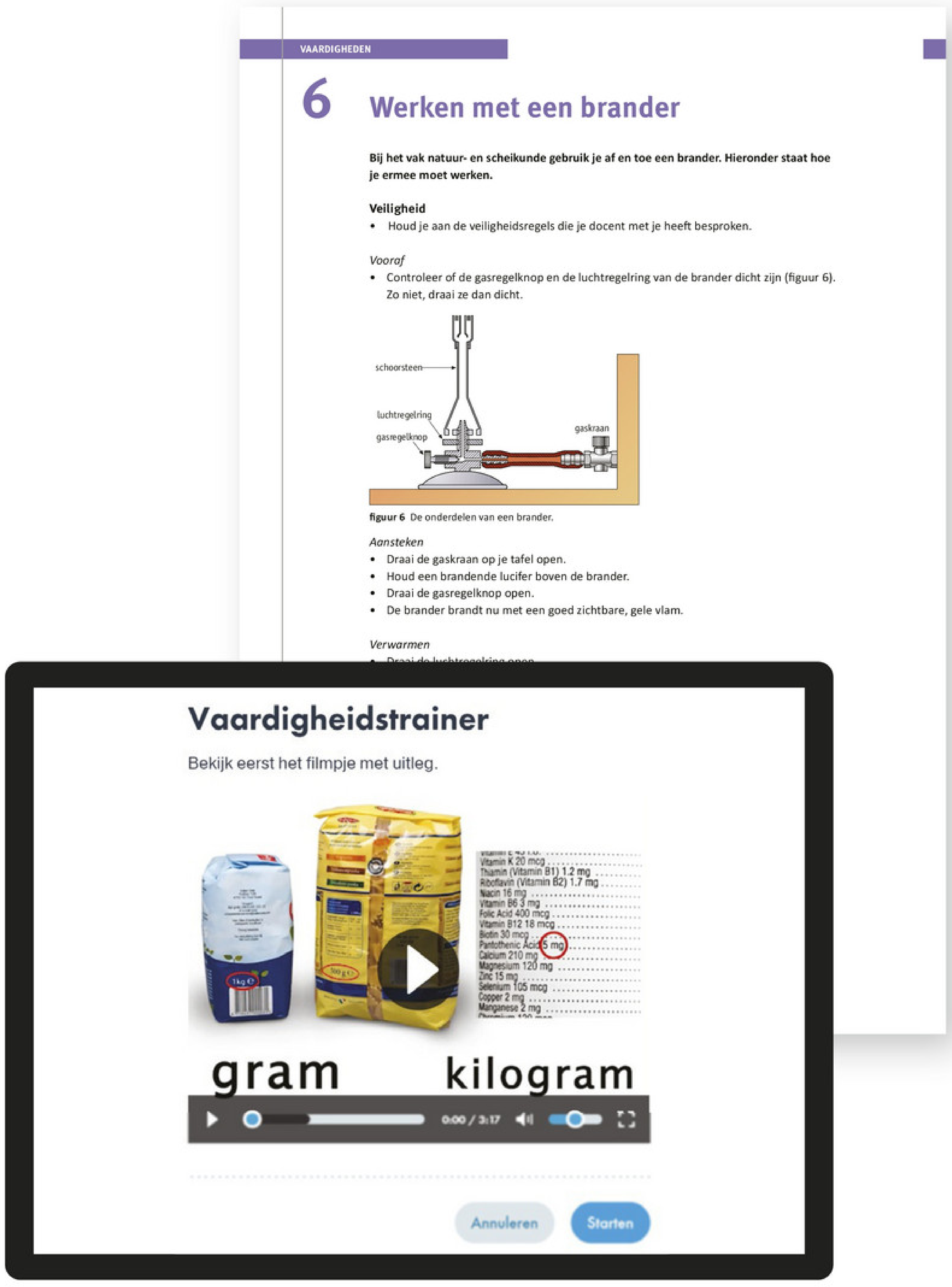
- Je ziet snel wat je goed of fout doet.
- Je krijgt direct feedback op je antwoorden.
- Je bekijkt filmpjes en animaties.
- Je oefent belangrijke vaardigheden met de *Vaardigheidstrainer*.
- Je leert de begrippen met de *Flitskaarten*.
- Je meet of je de stof beheerst met de *Test jezelf*, *Oefentoets* of *Diagnostische toets*.
- Je kunt op een hoger of lager niveau en leerjaar werken.
- Je docent volgt hoe je het doet.

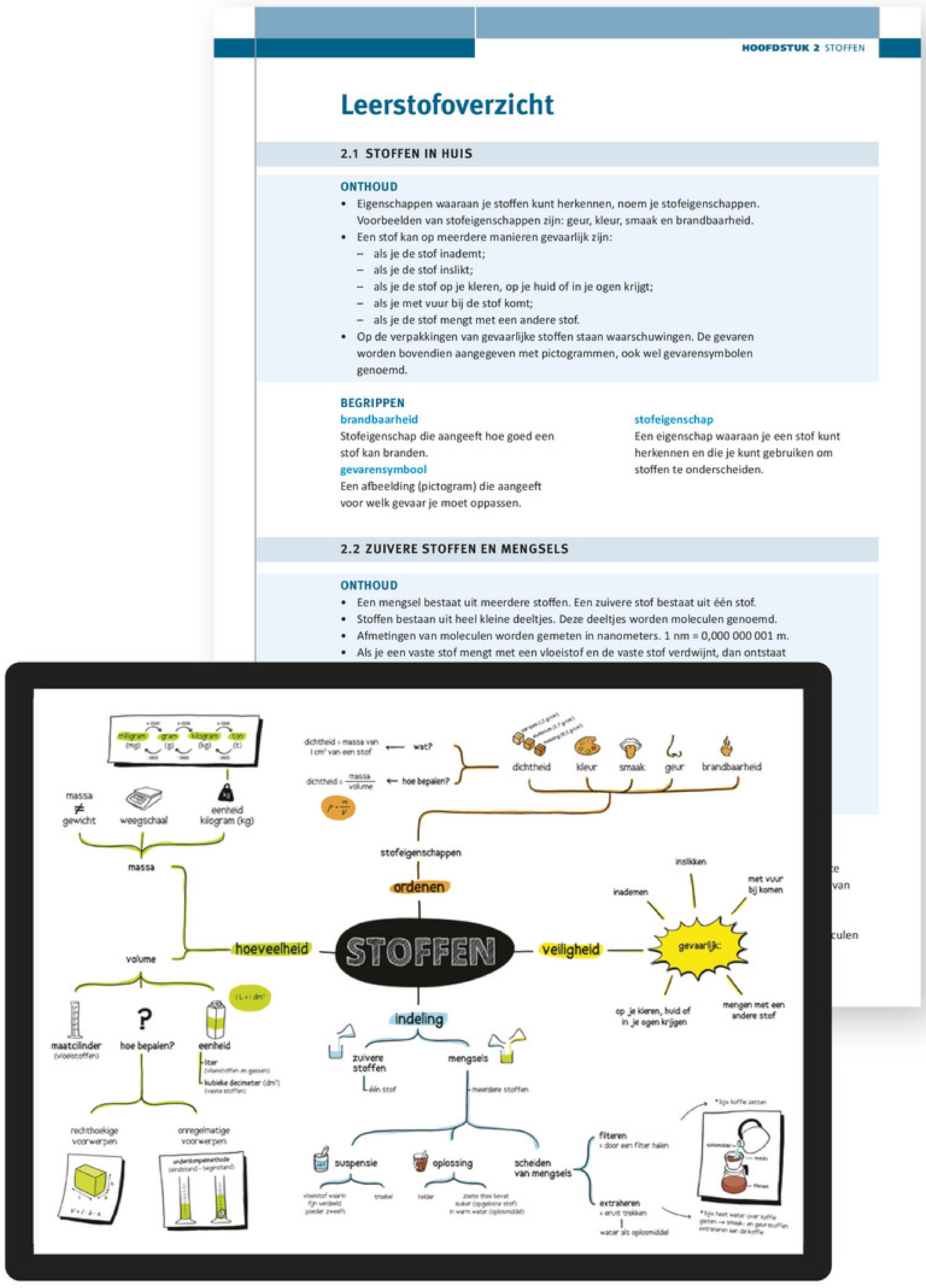
Vaardigheden

Aan het eind van elk boek vind je het onderdeel Vaardigheden, waarin de belangrijkste vaardigheden om onderzoek te doen worden uitgelegd. Enkele belangrijke vaardigheden kun je online oefenen met de Vaardigheidstrainer.

Goede voorbereiding op de toets!

In het boek vind je in de afsluiting van elk hoofdstuk de onderdelen Onthoud en Begrippen die je helpen bij de voorbereiding op de toets.
Elk hoofdstuk wordt in de online paragraaf Afsluiting afgesloten met een *Samenvattende opdracht*. Hier vind je ook *Flitskaarten* voor het leren van alle begrippen en er is een *Diagnostische toets*. Twijfel je of je de stof voldoende beheerst? Maak dan de *Test jezelf* of *Oefentoets*.





Voordelen van het boek

- Je hebt snel overzicht in wat je gaat leren.
- Je leest lange teksten op papier.
- Je markeert in de tekst en maakt aantekeningen.
- Je tekent en kleurt zodat je leerstof goed onthoudt.

Betekenis symbolen

(icoon)	ga naar de online leeromgeving voor handige extra's
PROEF 1	er is een practicum bij deze lesstof
(icoon)	gebruik de vaardigheid bij deze opdracht
(icoon)	met dit practicum ben je zo lang bezig
★	deze opdracht biedt extra uitdaging

Inhoud Deel A

Inhoud Deel B

5 Bewegen

SPORT EN VERKEER

In de sport en in het verkeer draait alles om beweging. Daarom zijn er allerlei technieken ontwikkeld om bewegingen vast te leggen, te analyseren en te beschrijven. De resultaten worden gebruikt om het verkeer veiliger te maken en om sportprestaties te verbeteren.





1 Bewegingen vastleggen

LEERDOELEN

5.1.1 Je kunt uitleggen op welke twee manieren je een beweging kunt vastleggen.
5.1.2 Je kunt benoemen welke twee dingen je moet weten om uit een stroboscopische foto de gegevens voor een afstand-tijddiagram te halen.
5.1.3 Je kunt een afstand-tijdtabel invullen.
5.1.4 Je kunt een afstand-tijddiagram tekenen.
5.1.5 Je kunt een afstand-tijddiagram aflezen.
EXTRA 5.1.6 Je kunt uitleggen hoe je een finishfoto maakt.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN					
	5.1.1	5.1.2	5.1.3	5.1.4	5.1.5	5.1.6
Onthouden	1abc				2abc	10abcd
Begrijpen		3a, 4c, 5abcd, 8ab	9a		9c	11abcdef
Toepassen		3b, 4ab, 6a, 7, 8c		9b		
Analyseren		6b				11g

Het is vaak moeilijk te zien hoe iemand of iets beweegt. Vooral snelle bewegingen zijn met het blote oog niet goed te volgen. Soms wil je toch wel graag weten hoe zo'n beweging verloopt. Daarom zijn er verschillende manieren bedacht om bewegingen vast te leggen.

BEWEGINGEN FOTOGRAFEREN

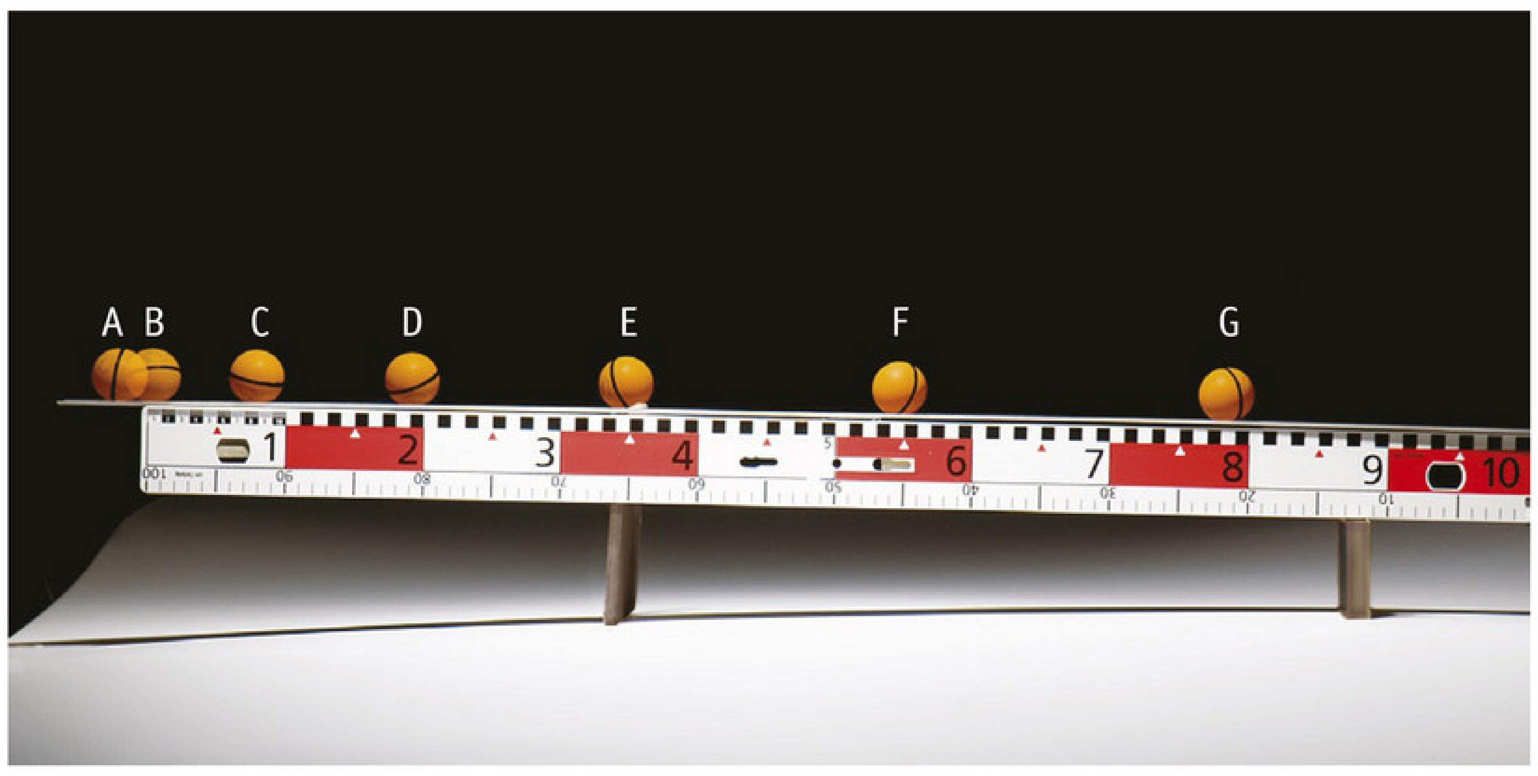
PROEF 1

Eén manier is de beweging met korte tussenpozen te fotograferen. Je krijgt dan een serie foto's, die elk één moment van de beweging laten zien. Als je een beweging filmt, doe je eigenlijk hetzelfde: ook dan wordt de beweging vastgelegd in een serie beelden (een videocamera maakt bijvoorbeeld dertig opnames per seconde).

Je kunt een beweging ook vastleggen door een **stroboscopische foto** te maken. Zo'n foto wordt gemaakt in een verduisterde ruimte, met als enige verlichting een **stroboscooplamp**. Dat is een lamp die met regelmatige tussenpozen een korte lichtflits geeft.

De fotograaf laat de sluiter van het fototoestel tijdens de hele beweging openstaan. Elke keer dat de stroboscooplamp een lichtflits geeft, wordt er een momentopname van de beweging vastgelegd. Alle opnames komen dus bij elkaar op één foto terecht.

In figuur 1 is een stroboscopische foto afgedrukt. De tijd tussen twee opnames is steeds even groot. Aan de steeds grotere afstand tussen de opnames zie je dat de bal steeds sneller naar beneden rolt.



figuur 1 Hoe beweegt de rollende bal?

EEN AFSTAND-TIJDTABEL MAKEN

Soms is het handig om een **afstand-tijdtabel** van een beweging te maken. Je kunt zo'n tabel maken aan de hand van een stroboscopische foto. Je moet dan wel weten:

- hoeveel tijd er tussen twee opeenvolgende lichtflitsen zit;
- hoe groot de afstanden op de foto in werkelijkheid zijn.

Om de afstand gemakkelijk te kunnen bepalen, wordt vaak een meetlat mee gefotografeerd.

In figuur 1 is de tijdsduur tussen twee lichtflitsen een halve seconde. De afstanden kun je aflezen op de meetlat. Daarbij kijk je steeds naar hetzelfde punt van het bewegende voorwerp, bijvoorbeeld de rechterkant van de bal.

Nu je dit weet, kun je de afstand-tijdtabel invullen.

- De beweging begint bij A. Dus zet je in tabel 1 bij A: tijd = 0 s en afstand = 0 cm.
- Dan lees je de afstand af tussen A en B: 3 cm. De bal heeft dus 3 cm afgelegd in een halve seconde. Je vult in bij B: tijd = 0,5 s en afstand = 3 cm.
- Vervolgens lees je de afstand af tussen A en C. Je ziet dat de bal in één seconde een totale afstand heeft afgelegd van 10 cm. Je vult in bij C: tijd = 1,0 s en afstand = 10 cm.

Ga zelf na hoe je de tabel verder moet invullen.

tabel 1 De afstand tegen de tijd.

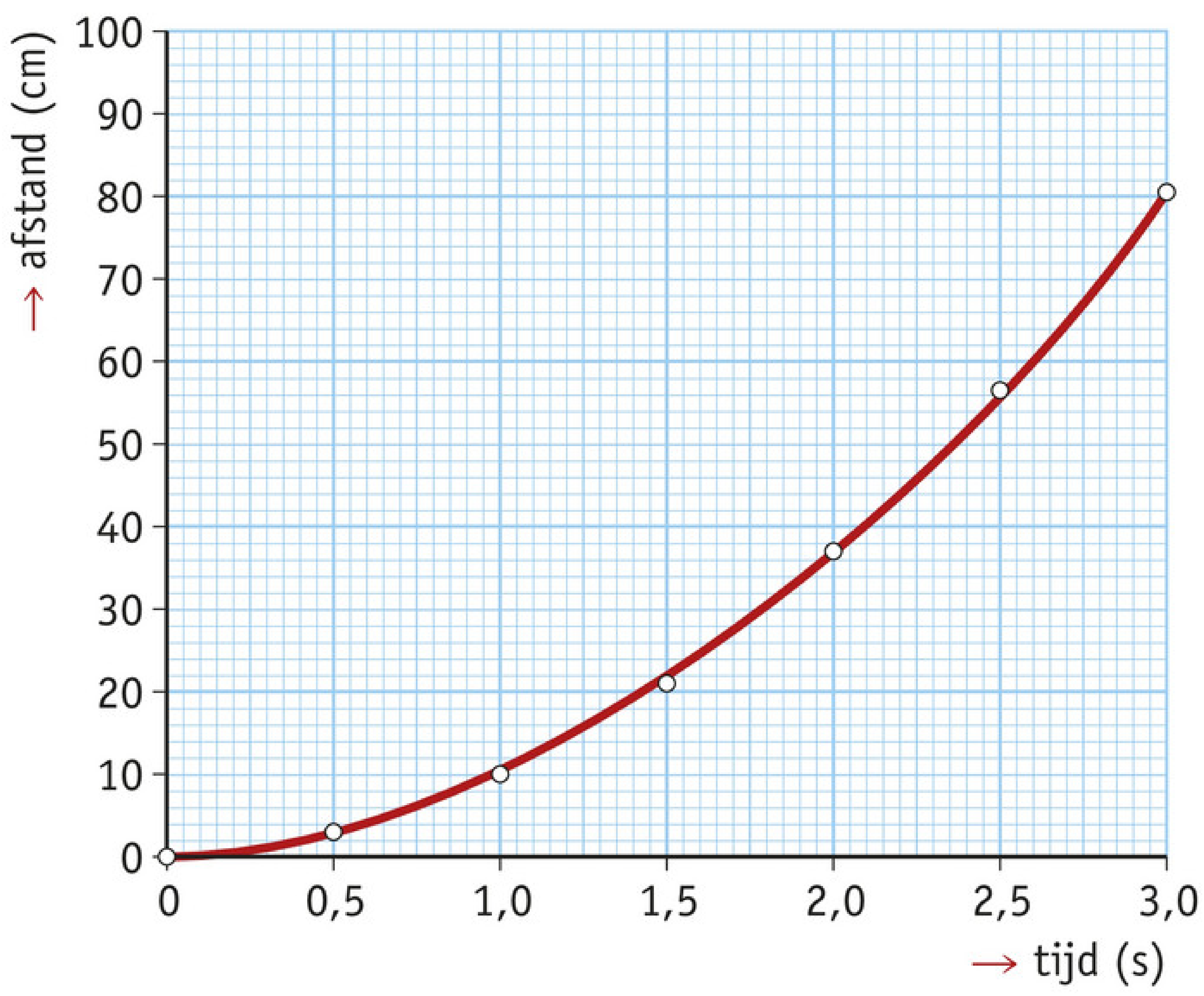
	tijd (s)	afstand (cm)
A	0	0
B	0,5	3
C	1,0	10
D	1,5	
E		
F		

EEN AFSTAND-TIJDDIAGRAM MAKEN

PROEF 2

Van een afstand-tijdtabel kun je een **afstand-tijddiagram** maken. Zo'n diagram maak je als volgt:

1. Teken een assenstelsel, met de tijd langs de horizontale as en de afstand langs de verticale as.
2. Teken de gegevens uit de tabel als punten in.
3. Teken een lijn die zo goed mogelijk bij de meetpunten aansluit. Dat kan een rechte of een kromme lijn zijn.



figuur 2 Een afstand-tijddiagram.

In figuur 2 zie je het afstand-tijddiagram van de beweging van de rollende bal in figuur 1. Je kunt nu bij elk tijdstip de bijbehorende afstand aflezen, en omgekeerd.

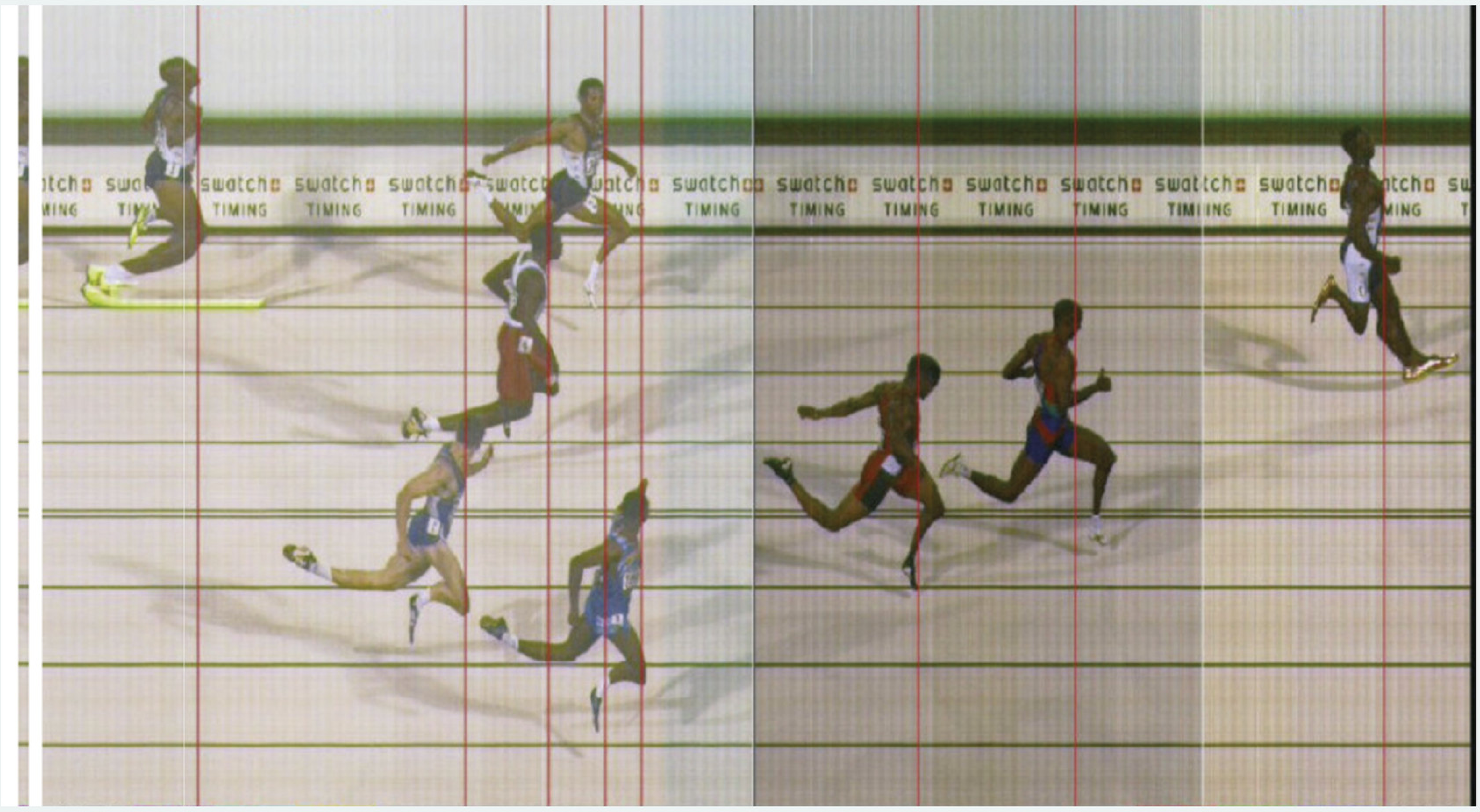
Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

EXTRA FINISHFOTO

Bij de 100 meter hardlopen komen de atleten vaak bijna gelijktijdig over de finish. Soms heeft de jury een finishfoto nodig om erachter te komen wie de winnaar was. Op zo'n foto kun je duidelijk zien in welke volgorde de atleten de finishlijn zijn gepasseerd.

Een finishfoto wordt gemaakt met een speciale camera. Voor de lens van die camera zit een scherm met een verticale spleet. Door die spleet is een smalle strook van de baan te zien, ter hoogte van de finishlijn. Als je één opname met de camera maakt, krijg je een smalle foto waar alleen de 'finishstrook' op staat (figuur 3a).

Een moderne camera voor finishfoto's kan duizenden opnames per seconde maken. Elke opname is maar één pixel breed. Een finishfoto bestaat uit een hele serie van die opnames naast elkaar (figuur 3b). Samen vormen deze opnames de finishfoto. Op zo'n foto zie je rechts de atleet die als eerste de finishlijn bereikte en links de atleet die als laatste finishte.



ⓐ ⓑ

figuur 3 Een finishfoto bestaat uit een serie opnames naast elkaar. Het kleine strookje links is één losse opname, rechts de hele finishfoto.

LEERSTOF

1 Beantwoord de volgende vragen.

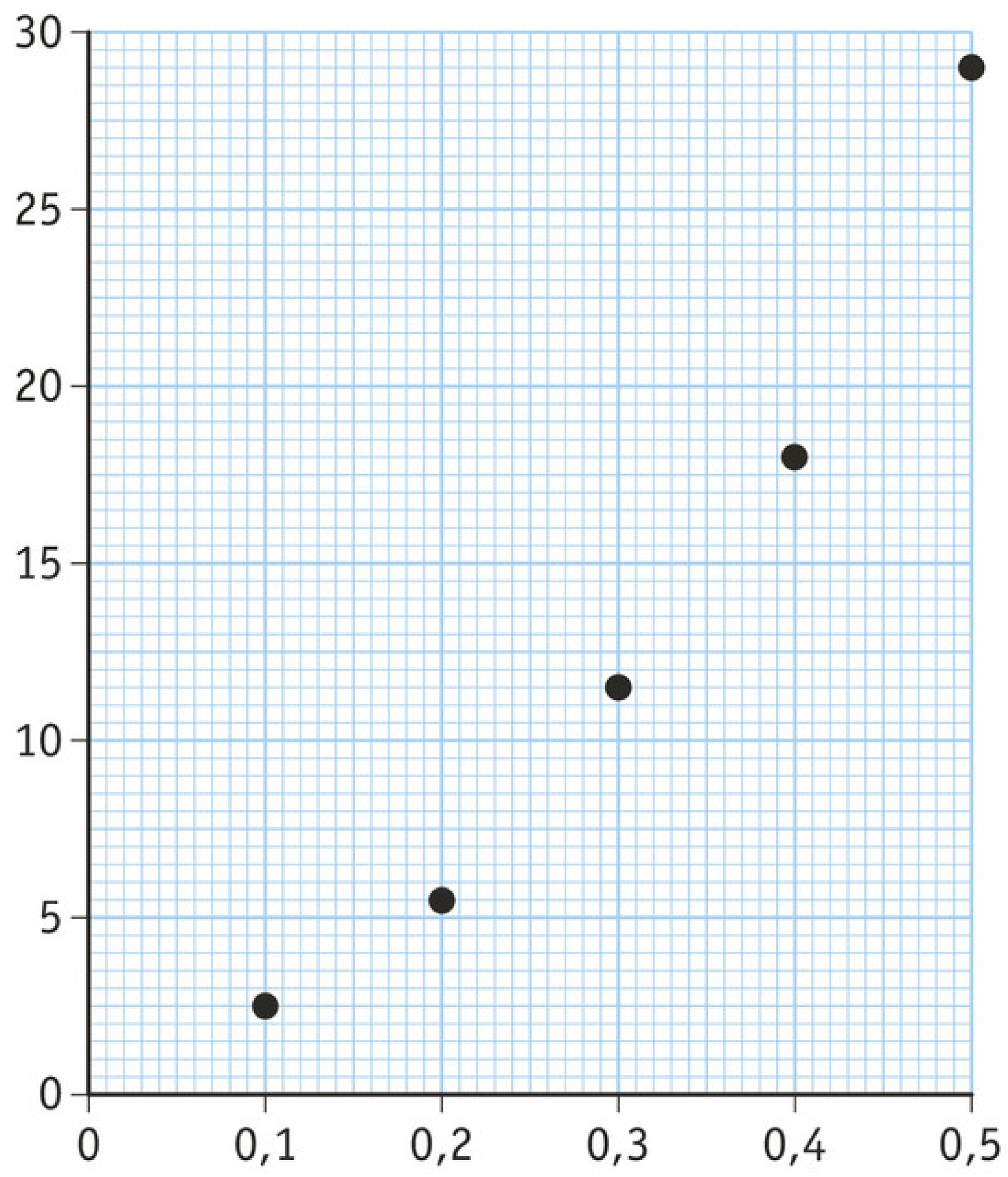
a Op welke twee manieren kun je een snelle beweging vastleggen?

b Hoe noem je een lamp die met regelmatige tussenpozen een korte lichtflits geeft?

c Hoe noem je een foto die met behulp van zo'n lamp gemaakt wordt?

2 Jan-Peter heeft een afstand-tijddiagram gemaakt van een beweging (figuur 4). Hij is drie dingen vergeten.

a Welke grootheid moet hij nog langs de horizontale as zetten?
b Welke grootheid moet hij nog langs de verticale as zetten?
c Wat moet hij met de ingetekende punten doen?



figuur 4 Een afstand-tijddiagram.

TOEPASSING

3 De foto in figuur 5 is gemaakt met een stroboscooplamp.

a Hoeveel keer heeft de lamp geflitst tijdens de sprong?
b De tijdsduur tussen twee lichtflitsen is 0,15 s.
Hoeveel seconden heeft de hele beweging geduurd (van het eerste tot het laatste vastgelegde moment)?



figuur 5 Hoogspringen.

4 De fotograaf van figuur 5 wil de beweging van de hoogspringer nog nauwkeuriger vastleggen. Hij maakt een nieuwe foto. De tijd die de sluiter openstaat, verandert hij niet, maar hij stelt de stroboscoop anders in: de tijdsduur tussen de flitsen wordt nu 0,05 s.

a Hoeveel keer flitst de lamp nu tijdens de sprong?
b De fotograaf komt tot de conclusie dat de nieuwe foto is mislukt.
Waarom is de nieuwe foto niet bruikbaar om de beweging te bestuderen?
c Wat kan de fotograaf het best doen als hij nog een foto maakt?

5 In figuur 6 zie je twee foto's. Bij het nemen van beide foto's bleef de sluiter van het fototoestel openstaan.

a Bij welke foto werd de tafeltennisspeler verlicht door een gewone lamp?
b Waaraan zie je dat?
c Bij welke foto werd de tafeltennisspeler verlicht door een stroboscooplamp?
d Waaraan zie je dat?



figuur 6 Stroboscooplamp of gewone lamp?

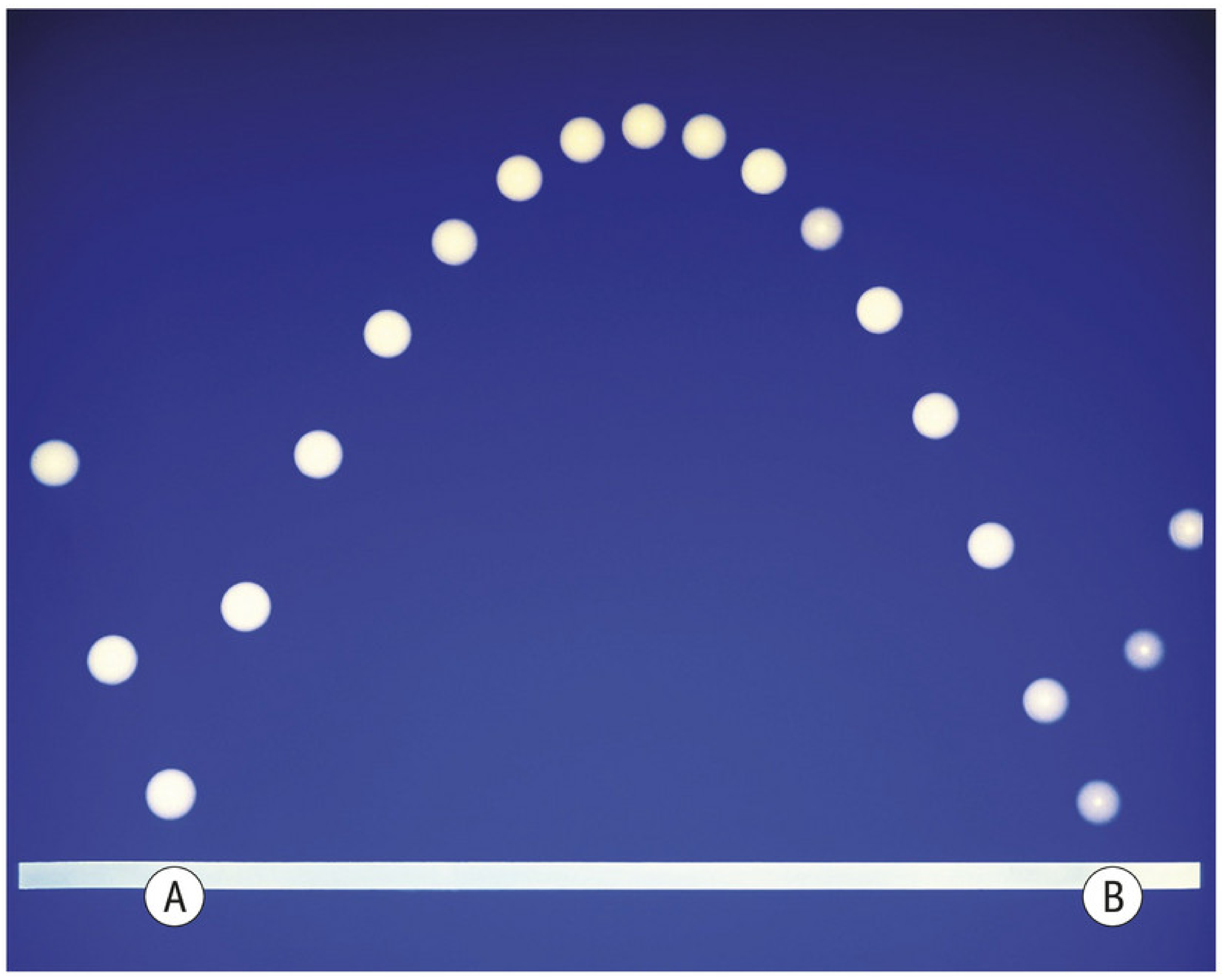
★ 6 De stroboscopische foto van figuur 6 is gemaakt met een stroboscoop die vier keer per seconde flitst.

a Hoelang deed de speler erover om zijn hand naar boven te bewegen?
b De afstand die de hand op de foto aflegt is 0,4 m.
Hoe groot is de afstand die de hand aflegt in 1 s?

7 Van de wagentjes in een achtbaan worden foto's gemaakt met behulp van een stroboscooplamp. Van elk van de dertien wagentjes wordt een aparte foto gemaakt. Er wordt een stroboscoop gebruikt die iedere 0,18 s een lichtflits geeft.
Hoelang heeft de trein van dertien wagentjes nodig om de stroboscoop te passeren?

8 In figuur 7 zie je een stroboscopische foto van een stuiterend balletje. De tijd tussen de lichtflitsen is steeds 0,04 s.

a Wanneer beweegt het balletje het snelst? Waaraan zie je dat?
b Wanneer beweegt het balletje het langzaamst? Waaraan zie je dat?
c Het balletje raakt bij A en bij B de grond. Hoeveel tijd zit daartussen?



figuur 7 Een stuiterend balletje.

★ 9

Tijdens een basketbalwedstrijd is er gescoord. In figuur 8 is getekend hoe de bal daarna naar beneden valt. De tekening is gemaakt op schaal 1:20. Dat betekent dat 1 cm in de tekening gelijk is aan 20 cm in de werkelijkheid.

a Vul tabel 2 verder in aan de hand van de tekening.

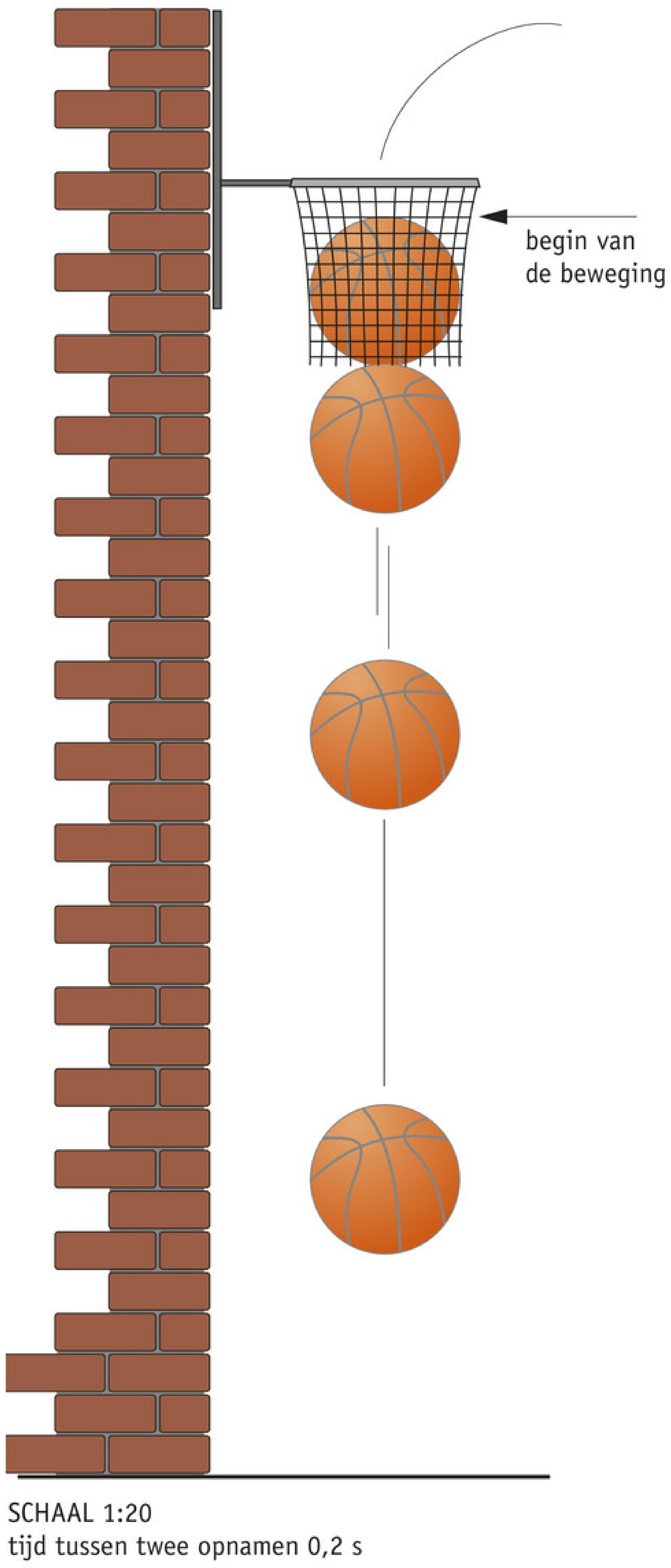
tabel 2 De vallende bal.

tijd (s)	afstand (m)
0	
0,2	
0,4	
0,6	

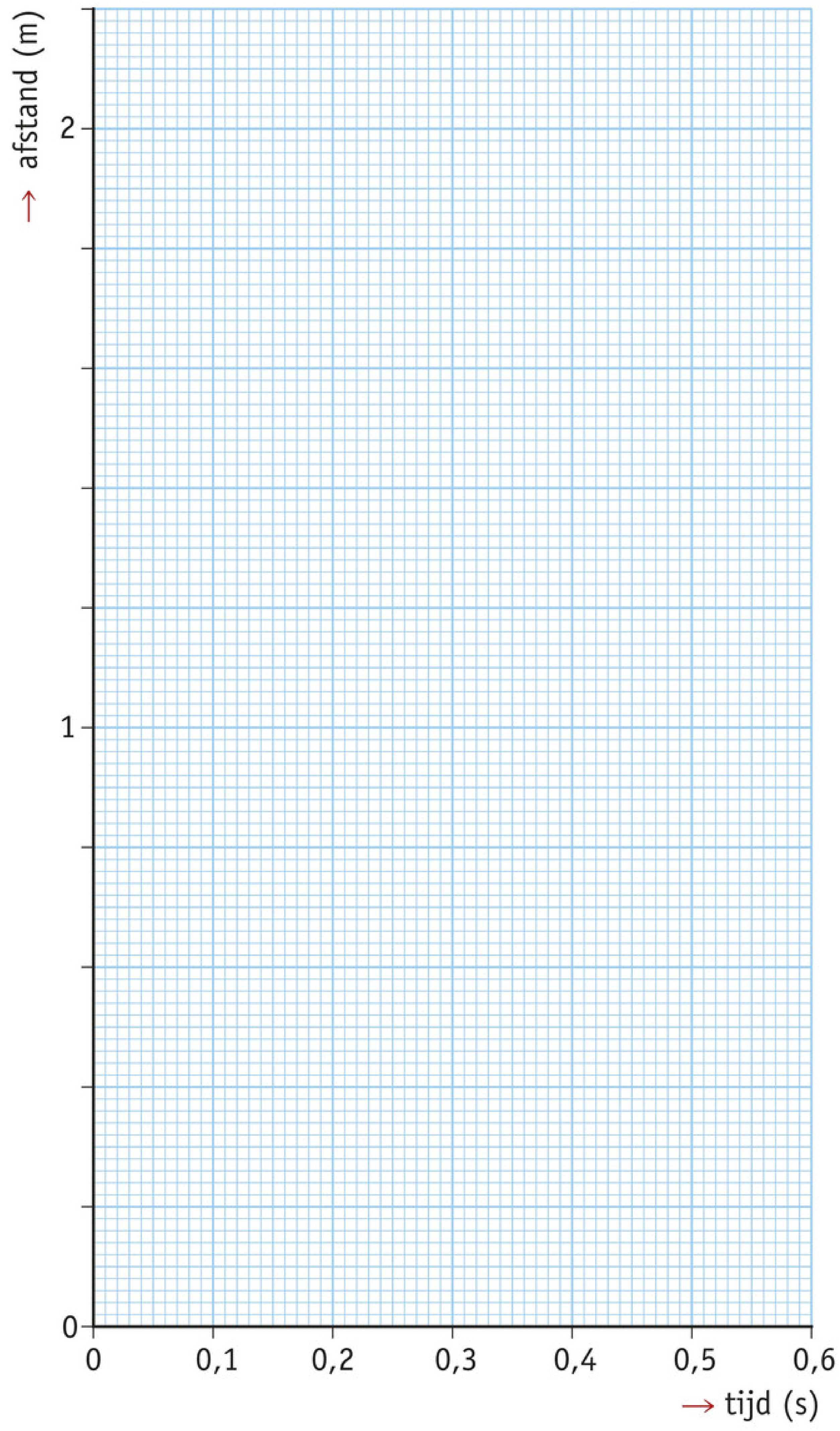
b Teken in figuur 9 het bijbehorende afstand-tijddiagram.

c Bepaal met behulp van figuur 9:

- waar de bal is na 0,3 s. op .... m hoogte
- waar de bal is na 0,5 s. op .... m hoogte



figuur 8 Een vallende basketbal.



figuur 9 Het afstand-tijddiagram van een basketbal.

Test je kennis met de *Test jezelf*.

EXTRA FINISHFOTO

10 Een finishfoto wordt gemaakt met een speciale camera.
Vul in.

a Voor de lens van deze camera zit een scherm met een ....

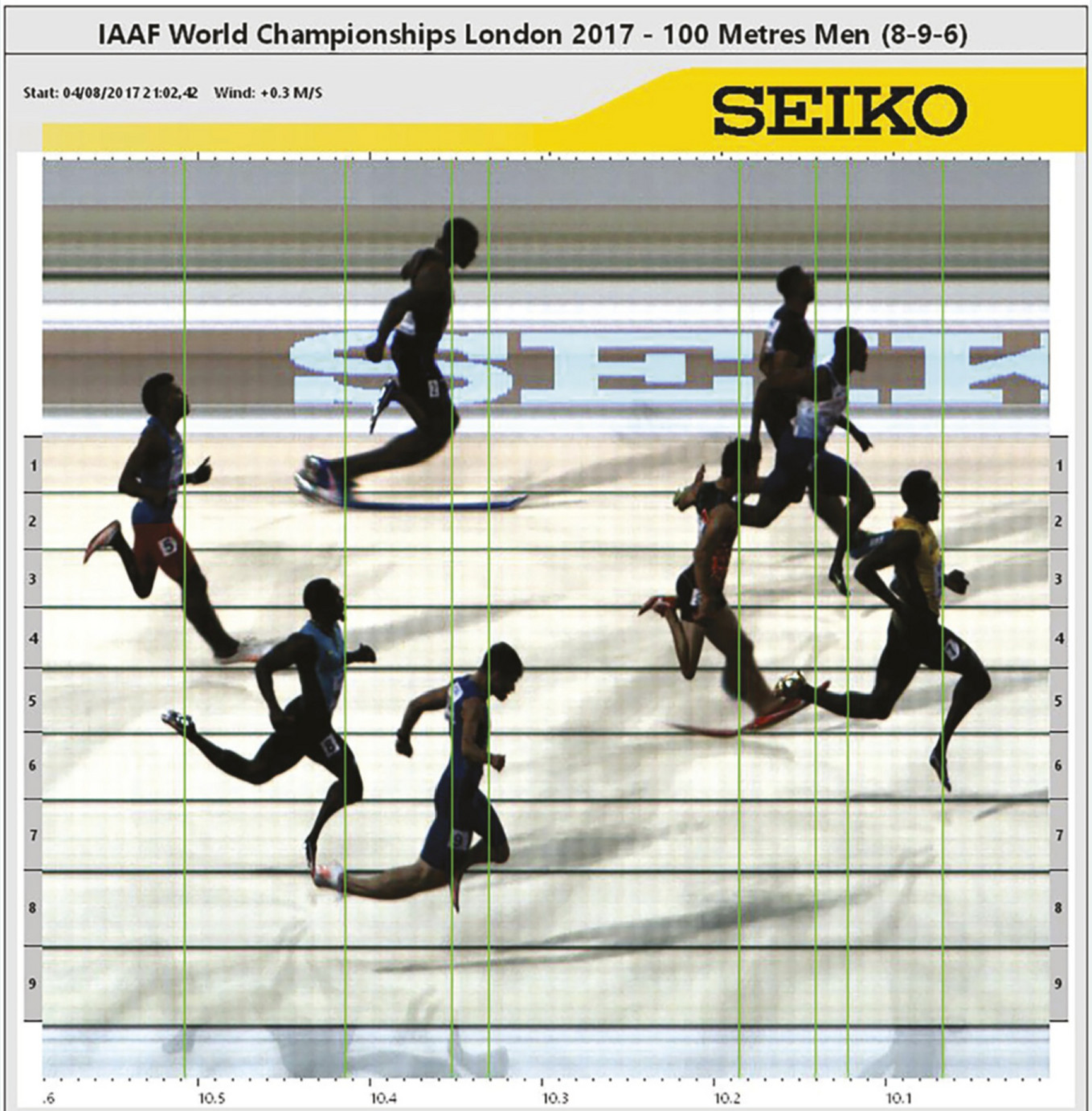
b Door die .... is een smalle strook van de .... te zien ter hoogte van de ....

c Als je één opname maakt, krijg je een smalle foto waar alleen de .... op staat.

d Een finishfoto bestaat uit een hele serie .... naast elkaar die elk .... breed zijn.

★ 11 In figuur 10 zie je een finishfoto van de 100 meter sprint voor mannen. Onder in het beeld zie je de tijden van de atleten.

a Waar op de foto staan de snelste tijden? *links / rechts*
b Wat is de eindtijd van de winnaar?
c Naar welk lichaamsdeel wordt gekeken bij het bepalen van de eindtijd (en dus ook de winnaar)?
d Rechts op de foto zie je de baannummers.
In welke baan liep degene die derde werd?
e Hoeveel tijd zat er tussen de winnaar en de laatste sprinter?
f Hoeveel centimeter zit er op de foto tussen de winnaar en de laatste sprinter?
g Bereken met welk tijdsverschil een centimeter afstandsverschil op de foto overeenkomt.



Place	Id	Lane	Last Name	Affil	Time	ReacTime
1	1075	7	Bolt	JAM	10.07	0.166
2	953	4	Dasaolu	GBR	10.13	0.122
3	943	3	Vicaut	FRA	10.15	0.154
4	1120	6	Tada	JPN	10.19	0.175
5	1052	9	Taftian	IRI	10.34	0.177
6	762	2	Rodney	CAN	10.36	0.166
7	665	8	Fraser	BAH	10.42	0.166
8	797	5	Palomeque	COL	10.51	0.149

figuur 10 De finishfoto van de finale van de 100 meter sprint (WK 2017).

2 Gemiddelde snelheid

LEERDOELEN

5.2.1 Je kunt de gemiddelde snelheid van een voorwerp berekenen.
5.2.2 Je kunt snelheid in m/s omrekenen naar km/h en omgekeerd.
5.2.3 Je kunt de afstand berekenen die een voorwerp in een bepaalde tijd aflegt.
EXTRA 5.2.4 Je kunt uitleggen hoe een snelheidsmeting met een lasergun werkt.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN			
	5.2.1	5.2.2	5.2.3	5.2.4
Onthouden	1, 2ab			11a
Begrijpen	3b, 7a, 9b	4, 5b	8a	10, 11c
Toepassen	3a, 5a, 6, 8bc		7c, 9a	11b
Analyseren	7b			

Een wielrenner die 184 kilometer in 4 uur aflegt, heeft een gemiddelde snelheid van 46 kilometer per uur (km/h). Dat betekent natuurlijk niet dat zijn snelheid de hele tijd precies 46 km/h was. Maar als hij wel voortdurend 46 km/h gereden had, zou hij dezelfde afstand (184 km) in dezelfde tijd (4 uur) hebben afgelegd.

DE GEMIDDELDE SNELHEID BEREKENEN

De **gemiddelde snelheid** geeft vaak een goede indruk van hoe snel iemand of iets beweegt. Je kunt de gemiddelde snelheid berekenen door de afgelegde afstand te delen door de benodigde tijd:

$$\text{gemiddelde snelheid} = \frac{\text{afstand}}{\text{tijd}}$$

met daarin:
- de gemiddelde snelheid in meter per seconde (m/s);
- de afstand in meter (m);
- de tijd in seconde (s).

Als je de afstand invult in kilometers en de tijd in uren, krijg je de gemiddelde snelheid in kilometer per uur (km/h). m/s en km/h zijn eenheden van snelheid.

VOORBEELDOPDRACHT 1

Een atlete loopt de 100 meter in 10,8 s (figuur 1).
Bereken haar gemiddelde snelheid.

gegevens afstand = 100 m
tijd = 10,8 s

gevraagd de gemiddelde snelheid = ?

uitwerking $\text{gemiddelde snelheid} = \frac{\text{afstand}}{\text{tijd}}$

$= \frac{100}{10{,}8} = 9{,}3\ \text{m/s}$



figuur 1 Atletes op topsnelheid op de 100 meter.

EENHEDEN VAN SNELHEID OMREKENEN

Vaak is het handig om snelheden om te rekenen van m/s naar km/h. Als je 9,3 m/s omrekent, kom je (na afronding) uit op een snelheid van 33 km/h. Dat zegt je waarschijnlijk meer dan 9,3 m/s.

Om snelheden te kunnen omrekenen, moet je weten dat:
1 km = 1000 m
1 h = 60 min = 3600 s

Bij een snelheid van 3 m/s redeneer je als volgt: als je in 1 seconde 3 meter aflegt, leg je (met dezelfde snelheid) in 1 uur 3600× zoveel meters af. Dat is dus 3600 × 3 = 10 800 m oftewel 10,8 km. Met andere woorden: als je in 1 seconde 3 meter aflegt, dan leg je in 1 uur 10,8 km af. Een snelheid van 3 m/s komt dus overeen met 10,8 km/h.

VOORBEELDOPDRACHT 2

Johan fietst met een snelheid van 5,5 m/s.
Hoeveel km/h is dat?

1 uur = 60 × 60 s = 3600 s

3600 × 5,5 = 19,8 km

Dus: 5,5 m/s = 19,8 km/h

Je kunt de snelheid (in m/s) ook in één keer vermenigvuldigen met 3,6. Dat komt op hetzelfde neer. In voorbeeldopdracht 2 wordt dat:
5,5 m/s = 5,5 × 3,6 = 19,8 km/h.

DE AFSTAND BEREKENEN

De formule voor de gemiddelde snelheid kun je ook gebruiken om er de afstand mee te berekenen. Je schrijft de formule dan zo:

afstand = gemiddelde snelheid × tijd

VOORBEELDOPDRACHT 3

Linn rijdt een flinke afstand op haar racefiets. Na drieënhalf uur fietsen kijkt ze op haar fietscomputer (figuur 2). Ze ziet dat haar gemiddelde snelheid 28 km/h is.
Welke afstand heeft Linn in drieënhalf uur afgelegd?

gegevens gemiddelde snelheid = 28 km/h
tijd = 3,5 h

gevraagd afstand = ?

uitwerking afstand = gemiddelde snelheid × tijd
= 28 × 3,5 = 98 km



figuur 2 Op een fietscomputer kun je de gemiddelde snelheid aflezen.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

EXTRA LASERGUNS

Op alle wegen in Nederland gelden maximumsnelheden. Op veel snelwegen is dat overdag maximaal 100 km/h en in dorpen en steden 50 km/h. De politie controleert de snelheid van auto's op verschillende manieren.

Een van de methoden die de politie gebruikt is het meten van de snelheid met een lasergun (figuur 3). De lasergun werkt met een laserstraal. Een laserstraal is een dunne, geconcentreerde lichtbundel met licht van maar één kleur. De lasergun zendt voortdurend korte laserpulsen uit. Je kunt dat vergelijken met een zaklamp waarbij je telkens op de aan-uitknop drukt.



figuur 3 Een agent gebruikt een lasergun.

De agent richt de lasergun op een langsrijdende auto. De auto kaatst de laserpuls terug, die de lasergun weer opvangt. De lasergun berekent vervolgens de tijd tussen uitzenden en ontvangen. Met behulp van die tijd en de snelheid van het licht berekent de lasergun hoe ver de auto verwijderd was van de agent. Bij de volgende puls is de auto op een andere plek en herhaalt de lasergun de berekening. Het apparaat kent dan twee afstanden en ook de tijd tussen twee pulsen. Zo kan de lasergun de snelheid van de auto uitrekenen.

LEERSTOF

1 Noteer de formule waarmee je de gemiddelde snelheid kunt berekenen.

2 Vul in.

a Als je de afstand invult in .... en de tijd in .... , krijg je de gemiddelde snelheid in meter per seconde.

b Als je de afstand invult in kilometers en de tijd in uren, krijg je de gemiddelde snelheid in ....

TOEPASSING

3 De familie De Ruiter gaat met de auto op vakantie. De afstand tussen hun woonplaats Drachten en hun vakantieadres in Confolens (Midden-Frankrijk) is 1100 km. Ze gaan om vier uur ’s ochtends weg en komen om vijf uur ’s middags aan.

a Bereken de gemiddelde snelheid in km/h.

b De auto rijdt gedurende het grootste deel van de reis sneller dan 120 km/h. Toch is de gemiddelde snelheid maar 85 km/h.
Waar zou dat aan liggen?

4 Vul in.

15 m/s = ... km/h

7,5 m/s = ... km/h

20 m/s = ... km/h

6,2 m/s = ... km/h

Meer oefening nodig met het omrekenen van eenheden?
Ga naar de Vaardigheidstrainer.

5 Een schaatsenrijdster rijdt de 500 m in 40 s.

a Bereken haar gemiddelde snelheid in m/s.

b Bereken hoeveel km/h dat is.

6 In tabel 1 staan drie sporten met de bijbehorende toptijden.
Reken de gemiddelde snelheid van deze sporters uit in m/s en km/h. Schrijf steeds de hele berekening op.

tabel 1 Drie toptijden.

sport	tijd
400 m hardlopen (dames)	47,6 s
200 m vrije slag zwemmen (heren)	1 min 44 s
1500 m schaatsen (dames)	1 min 54 s

7 Langs een snelweg staan groene hectometerpaaltjes (figuur 4). De afstand tussen deze hectometerpaaltjes is 100 m. Fardau zit bij haar vader in de auto en meet met haar telefoon hoelang het duurt om vijf hectometerpaaltjes te passeren.

a Hoe groot is de afstand tussen vijf hectometerpaaltjes?

b Het blijkt 10 s te duren om deze afstand af te leggen.
Laat zien of Fardaus vader zich aan de maximumsnelheid van 100 km/h houdt.

c Fardaus vader gaat langzamer rijden. Hij beweert dat de snelheid van de auto nog maar 90 km/h bedraagt. Fardau meet opnieuw de tijd die nodig is om vijf hectometerpaaltjes te passeren. Dat duurt nu 16 s.
Bereken de afstand die de auto met de gegeven snelheid en tijd zou afleggen en controleer hiermee of Fardaus vader de waarheid spreekt.



figuur 4 Een hectometerpaaltje.

8 De twee foto's in figuur 5 zijn met 3 s tussentijd genomen. 1 cm op de foto is in werkelijkheid 2,0 m.

a Meet de afstand die de voetganger in 3 s aflegt.

De voetganger legt op de foto een afstand af van .... cm.

In werkelijkheid is de afgelegde afstand: .... × 2,0 m = ... m

b Bereken de gemiddelde snelheid van de voetganger in m/s en km/h.

c Bepaal op dezelfde manier de gemiddelde snelheid van de fietser in m/s en km/h.



figuur 5 Twee bewegingen

★ 9

De Thalys is een snelle trein van Nederland naar Parijs (figuur 6).

a Bereken met de gegevens in de figuur hoe groot de afstand is tussen Rotterdam en Parijs.

Zie de Vaardigheid *Werken met formules*.

b Leg uit wat er met de gemiddelde snelheid gebeurt als het oponthoud op de stations korter zou duren.

figuur 6 Met de Thalys naar Parijs.

Met de trein naar Parijs

Internationale trein – Parijs

De Thalys brengt u comfortabel en snel naar uw bestemming. Met een gemiddelde snelheid van 165 km/h (oponthoud op de stations meegerekend) glijdt u naar het zuiden. Vanaf Rotterdam bent u in iets meer dan drie uur in Parijs!



Test je kennis met de *Test jezelf*.

EXTRA LASERGUNS

10

Laserguns hebben het nadeel dat automobilisten soms sterk afremmen als ze er een zien. Leg uit waarom dat gevaarlijke situaties kan opleveren.

11

Een politieman controleert met een lasergun de snelheid van een passerende auto.

a Leg uit hoe deze methode werkt.

b Stel dat de tijd tussen twee pulsen 0,15 s is en dat een auto in die tijd 2,5 m verder is gereden.
Bereken de snelheid van die auto in km/h.

c De lasergun meet de gemiddelde snelheid van de auto.
Leg uit dat de snelheid van de auto gedurende de meting niet veel kan veranderen.

3 Versneld – eenparig – vertraagd

LEERDOELEN

5.3.1 Je kunt uitleggen wat er gebeurt met de snelheid bij een eenparige, versnelde en vertraagde beweging.

5.3.2 Je kunt de snelheid op elk moment van de beweging berekenen bij een eenparige beweging.

5.3.3 Je kunt het afstand-tijddiagram van een eenparige, versnelde en vertraagde beweging herkennen.

5.3.4 Je kunt het afstand-tijddiagram van een eenparige, versnelde en vertraagde beweging aflezen.

EXTRA 5.3.5 Je beschrijven wat een *rejected take-off* is.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN							
	5.3.1	5.3.2	5.3.3	5.3.4	5.3.5	5.1.3*	5.1.4*	5.2.1*
Onthouden	1abc		2abcd					
Begrijpen	3abcd, 4abc		7abcdefg, 8abcd		10abc, 11abc	5a		
Toepassen		9			11d		5b, 6b	6a
Analyseren				6c				

* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

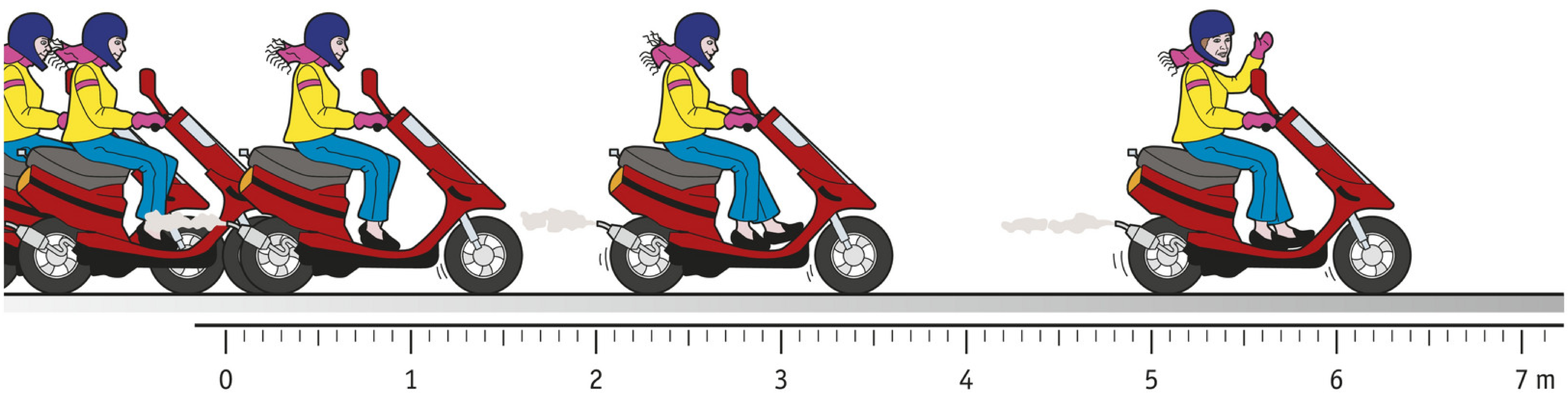
Natuurkundigen verdelen bewegingen in verschillende soorten. Daarbij kijken ze vooral naar de snelheid: wordt de snelheid steeds groter, blijft ze de hele tijd gelijk of neemt ze steeds verder af? In deze paragraaf leer je meer over deze drie soorten bewegingen.

DE VERSNELDE BEWEGING

PROEF 3

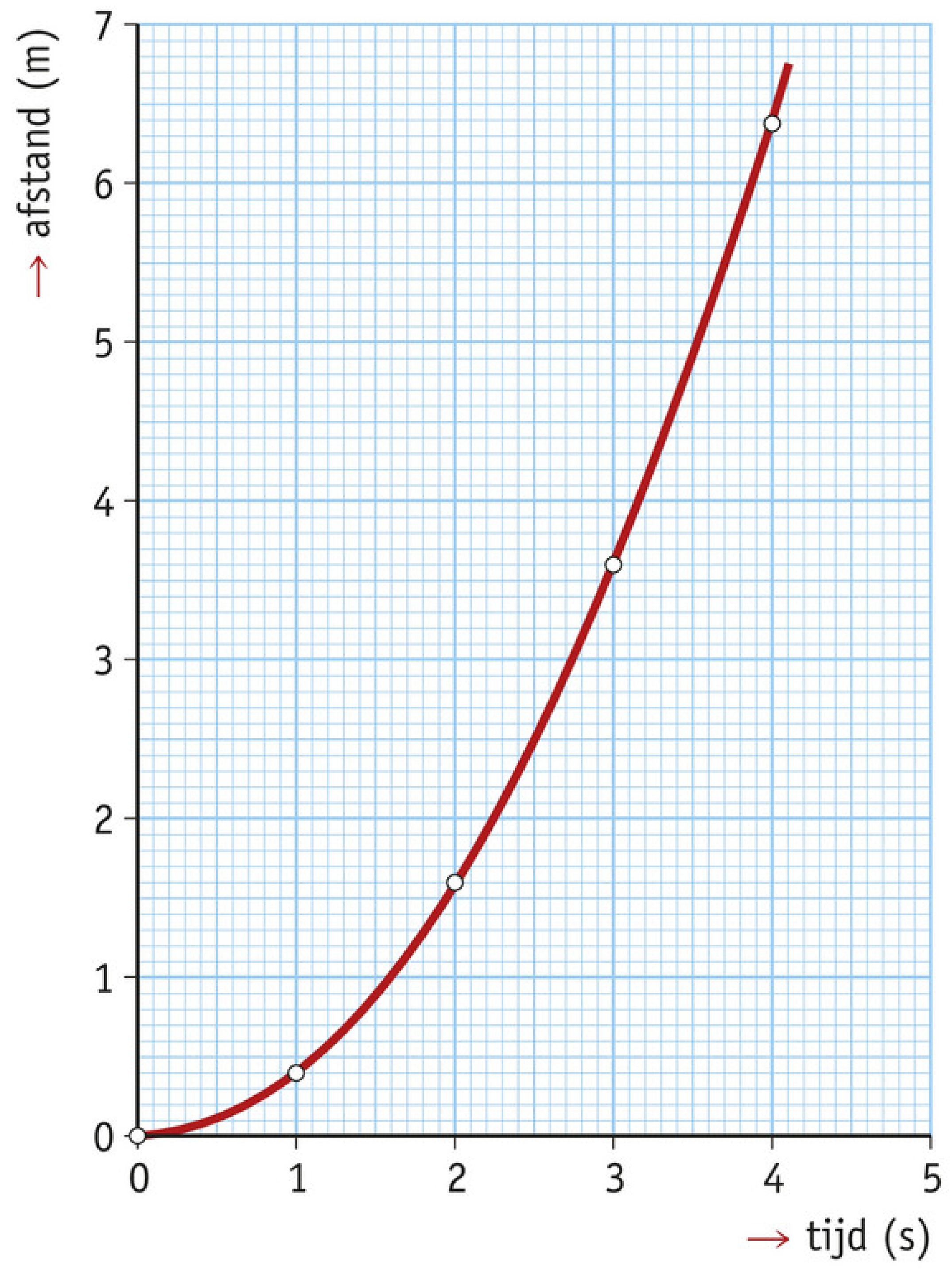
In figuur 1 zie je hoe een scooter optrekt. De tekenaar heeft de scooter vijf keer getekend: bij het begin van de beweging en na 1, 2, 3 en 4 seconden. Op de meetlat onder de tekening kun je aflezen hoe groot de afgelegde afstand is.

figuur 1 Een versnelde beweging.



De tussenruimtes in de tekening worden steeds groter. Dat betekent dat de scooter steeds sneller beweegt: in dezelfde tijd (1 seconde) legt hij een steeds grotere afstand af. Zo'n beweging waarvan de snelheid steeds groter wordt, noem je een **versnelde beweging**.

Met de gegevens uit de tekening kun je een grafiek van de beweging tekenen. Je krijgt dan een kromme lijn die steeds steiler omhoogloopt (figuur 2). Zo herken je het afstand-tijddiagram van een versnelde beweging.

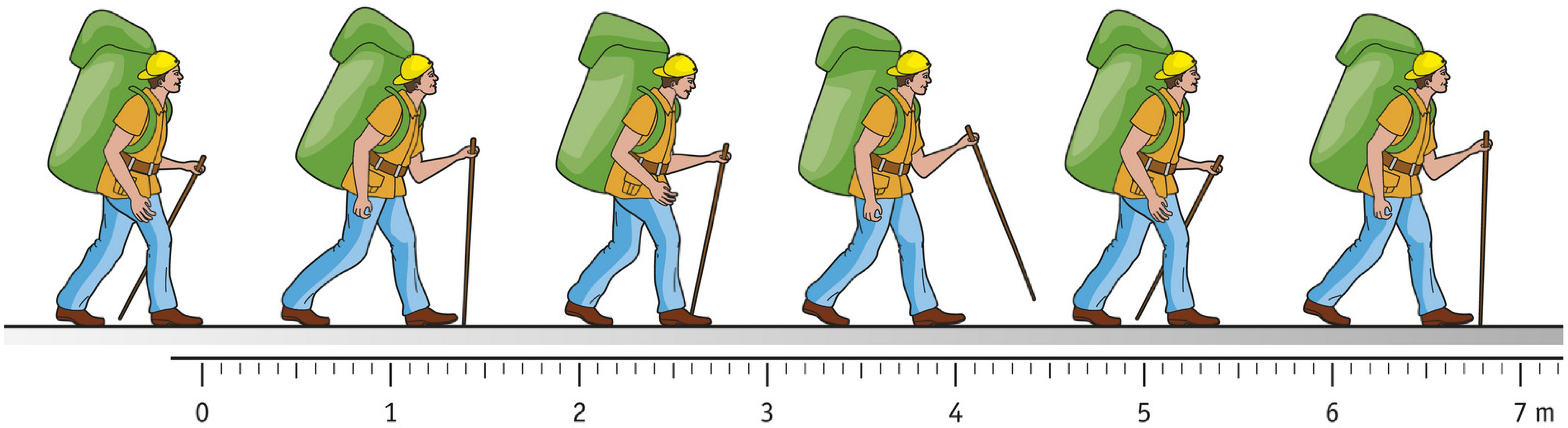


figuur 2 Het afstand-tijddiagram van een versnelde beweging.

DE EENPARIGE BEWEGING

In figuur 3 zie je een wandelaar die rustig doorloopt. De wandelaar is zes keer getekend, na 0, 1, 2, 3, 4 en 5 seconden.

figuur 3 Een eenparige beweging.



In deze tekening zijn de tussenruimtes steeds even groot. Daaraan zie je dat de snelheid van de wandelaar niet verandert: hij legt steeds dezelfde afstand af in dezelfde tijd. Zo'n beweging waarvan de snelheid niet verandert, noem je een **eenparige beweging**.

Bij een eenparige beweging is de snelheid constant. Dat betekent dat de snelheid steeds even groot is als de gemiddelde snelheid.

VOORBEELDOPDRACHT 1
Bereken de snelheid van de wandelaar in figuur 3 (in km/h).

gegevens Je ziet dat de wandelaar 6,8 m aflegt in 5 s. Dus:
afstand = 6,8 m
tijd = 5 s

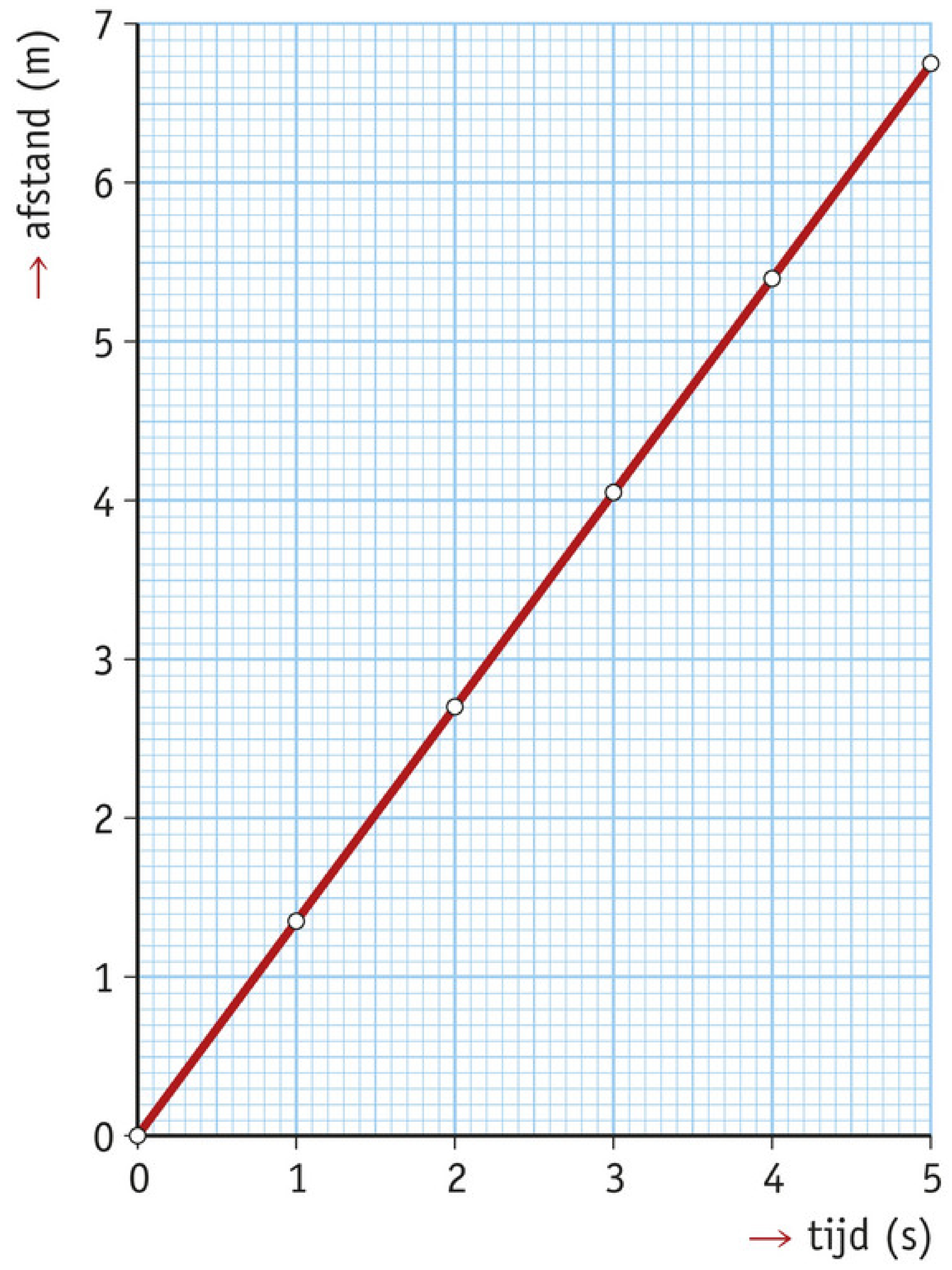
gevraagd snelheid = ?

uitwerking $\text{snelheid} = \frac{\text{afstand}}{\text{tijd}}$

$= \frac{6,8}{5} = 1,36 \text{ m/s}$

De snelheid van de wandelaar is 1,36 m/s = 1,36 × 3,6 = 4,9 km/h

Met de gegevens uit de tekening kun je een grafiek van deze beweging tekenen. Het resultaat is een rechte lijn die steeds even steil omhoogloopt (figuur 4). Zo'n rechte lijn is kenmerkend voor een eenparige beweging.

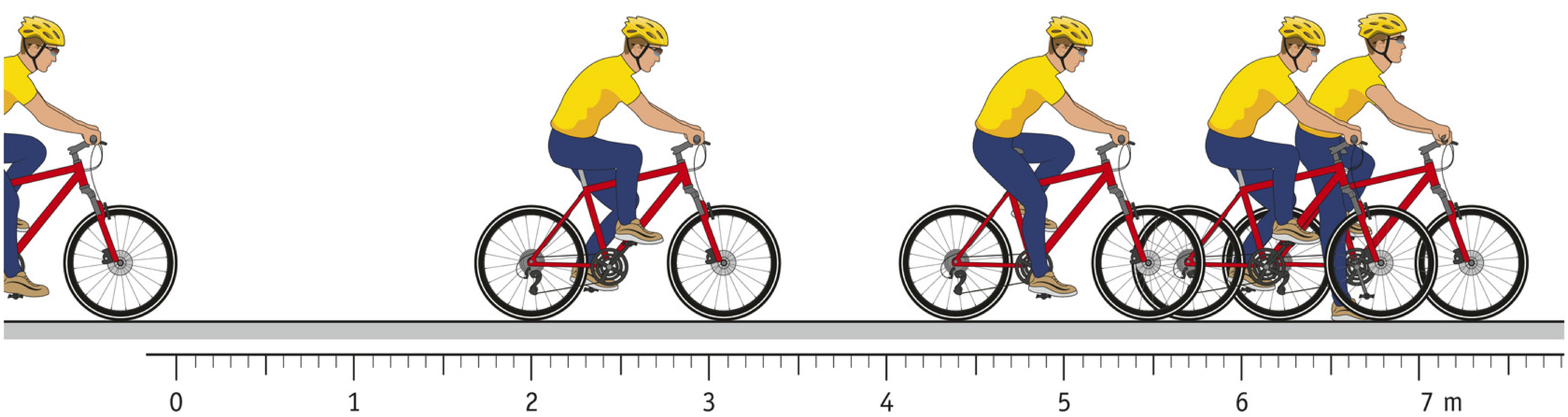


figuur 4 Het afstand-tijddiagram van een eenparige beweging.

DE VERTRAAGDE BEWEGING

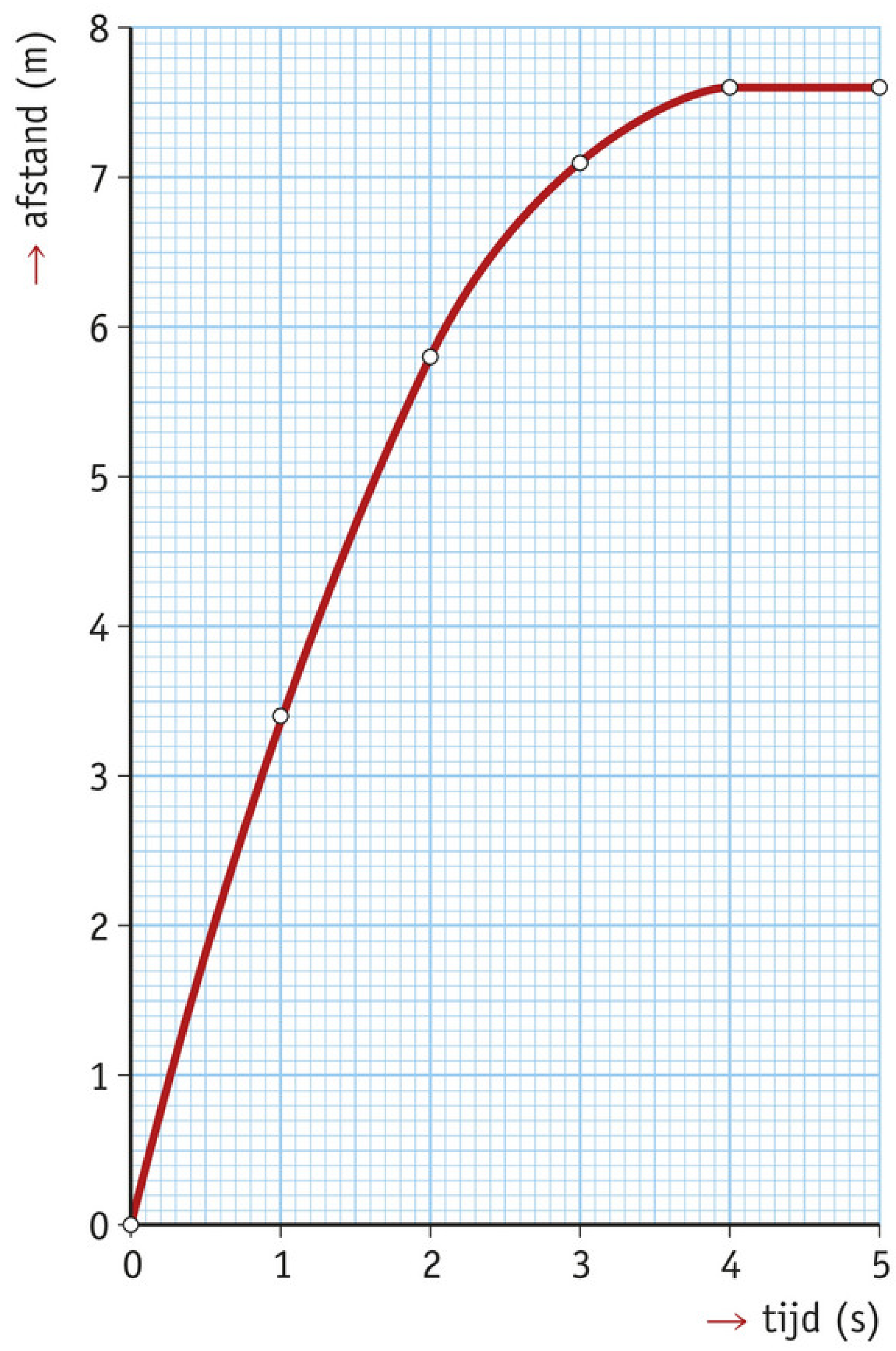
In figuur 5 is getekend hoe een fietser afremt voor een verkeerslicht. Je ziet waar de fietser is na 0, 1, 2, 3 en 4 seconden.

figuur 5 Een vertraagde beweging.



Deze keer worden de tussenruimtes steeds kleiner. Daaraan zie je dat de fietser afremt: de afstand die hij in één seconde aflegt, wordt steeds kleiner. Ten slotte staat hij stil. Zo'n beweging waarvan de snelheid steeds kleiner wordt, noem je een **vertraagde beweging**.

Met de gegevens uit de tekening kun je een grafiek van deze beweging tekenen. Je krijgt dan een kromme lijn die steeds minder steil omhoogloopt (figuur 6). Aan zo'n kromme lijn kun je het afstand-tijddiagram van een vertraagde beweging herkennen.



figuur 6 Het afstand-tijddiagram van een vertraagde beweging.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

EXTRA *REJECTED TAKE-OFF*

Een vliegtuig moet in korte tijd een snelheid van ongeveer 250 km/h behalen om op te kunnen stijgen (figuur 7). Gelukkig gaat het vertrek van een vliegtuig van de startbaan bijna altijd goed. Heel soms besluit de bemanning van de cockpit tijdens het starten om het vertrek van het vliegtuig af te breken, in het Engels een *rejected take-off*.



figuur 7 Een vliegtuig op de startbaan.

Dit doen ze bijvoorbeeld omdat een van de motoren hapert of omdat ze een ander technisch mankement opmerken. De piloten moeten dan heel snel besluiten of ze toch zullen proberen het vliegtuig te laten opstijgen. Proberen ze dat niet, dan moet de start, bij hoge snelheid, worden afgebroken. Dat laatste is niet zonder risico's. Door de hoge snelheid legt het vliegtuig nog vele honderden meters af, zelfs als het maximaal remt. De landingsbaan kan dan te kort zijn.

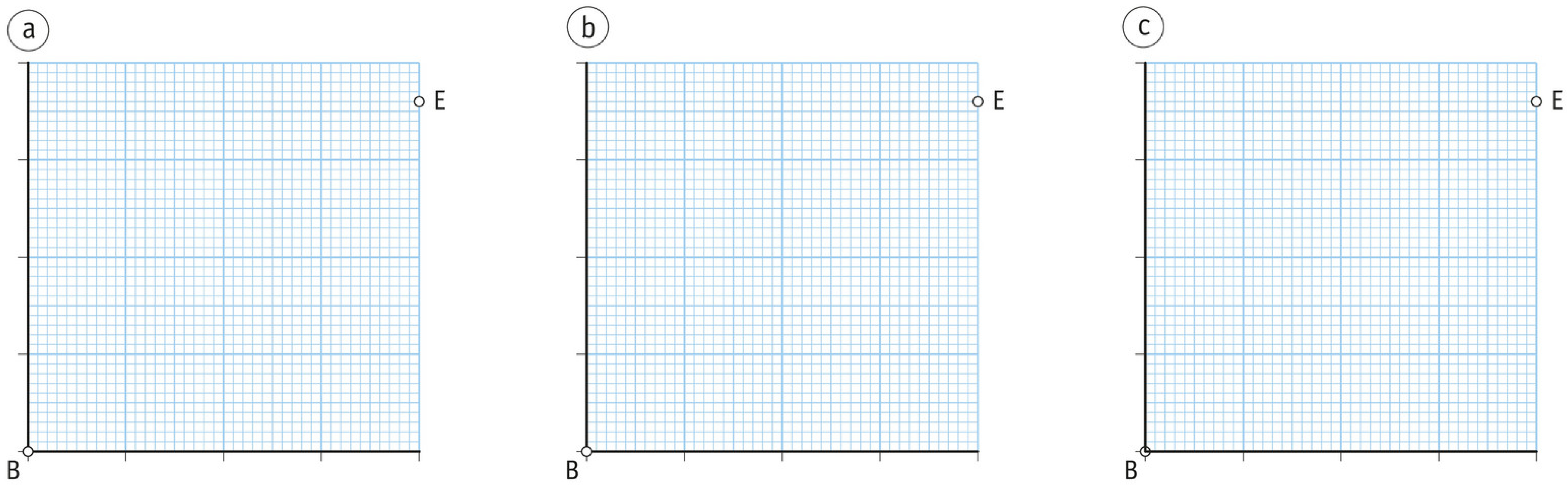
LEERSTOF

1 Hoe noem je een beweging:

a waarvan de snelheid steeds groter wordt?
b waarvan de snelheid niet verandert?
c waarvan de snelheid steeds kleiner wordt?

2 In figuur 8 zijn drie afstand-tijddiagrammen getekend. Van elke beweging is het beginpunt (B) en eindpunt (E) aangegeven.

a Zet pijlen langs de assen met de woorden 'tijd' en 'afstand' op de juiste plaats.
b Schets in diagram a de lijn van een eenparige beweging.
c Schets in diagram b de lijn van een versnelde beweging.
d Schets in diagram c de lijn van een vertraagde beweging.



figuur 8 Drie bewegingen.

TOEPASSING

3 Geef voor elke situatie aan om wat voor beweging het gaat.

a De beweging van een minigolfbal die tegen een helling omhoog rolt, is *versneld / eenparig / vertraagd*.
b De beweging van een sneltrein is gedurende het grootste deel van de reis *versneld / eenparig / vertraagd*.
c De beweging van een atleet tijdens de eerste seconde van de 100 meter is *versneld / eenparig / vertraagd*.
d De beweging van een auto die remt voor een overstekende voetganger is *versneld / eenparig / vertraagd*.

4 Tomas heeft voor zijn verjaardag een parachutesprong cadeau gekregen. Op 1200 m hoogte springt hij uit het vliegtuig. Drie seconden later gaat zijn parachute open. Ongeveer vijf minuten later staat hij weer op de grond.
De sprong van Tomas bestaat uit drie verschillende bewegingen.

a In welk gedeelte van de sprong is de beweging versneld?
b In welk gedeelte van de sprong is de beweging vertraagd?
c In welk gedeelte van de sprong is de beweging eenparig?

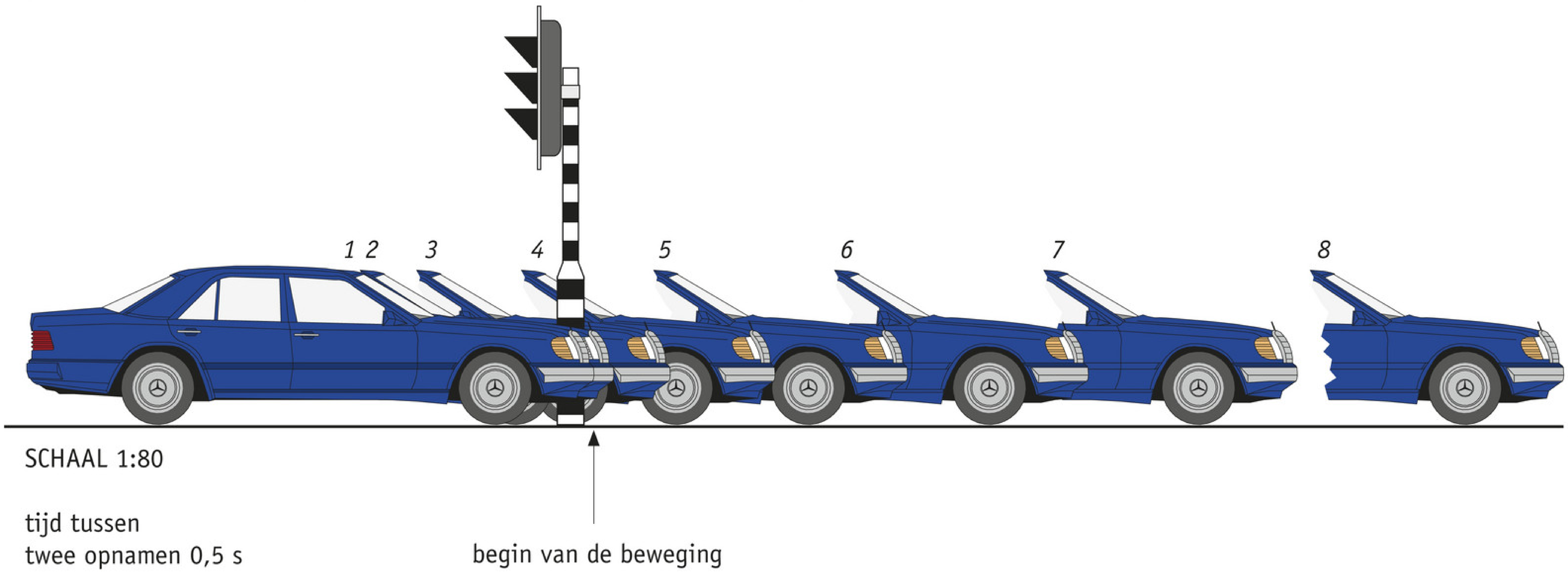
5 In figuur 9 zie je een stroboscopische 'foto' van een auto die wegrijdt bij een verkeerslicht. De extra gegevens staan onder de figuur.

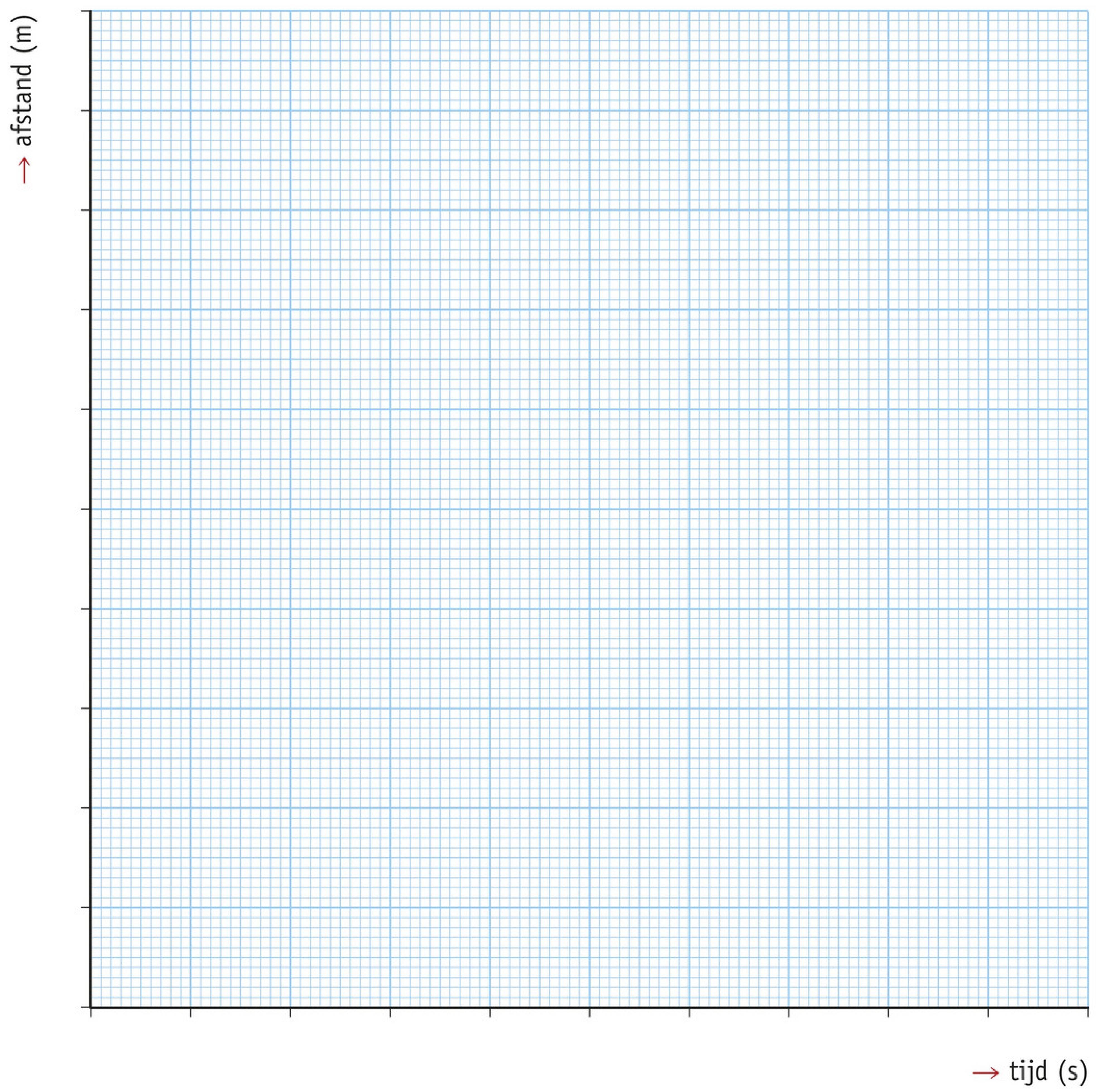
a Vul tabel 1 verder in aan de hand van de tekening.
b Teken in figuur 10 het bijbehorende afstand-tijddiagram.

tabel 1 Een afstand-tijdtabel van een auto.

tijd (s)	afstand op de 'foto' (cm)	afstand in werkelijkheid (m)
0	0	0
0,5	0,2	0,16
1,0	0,8	
1,5		

figuur 9 Een stroboscopische 'foto' van een auto die wegrijdt bij een verkeerslicht.





figuur 10 Het afstand-tijddiagram van een optrekkende auto.

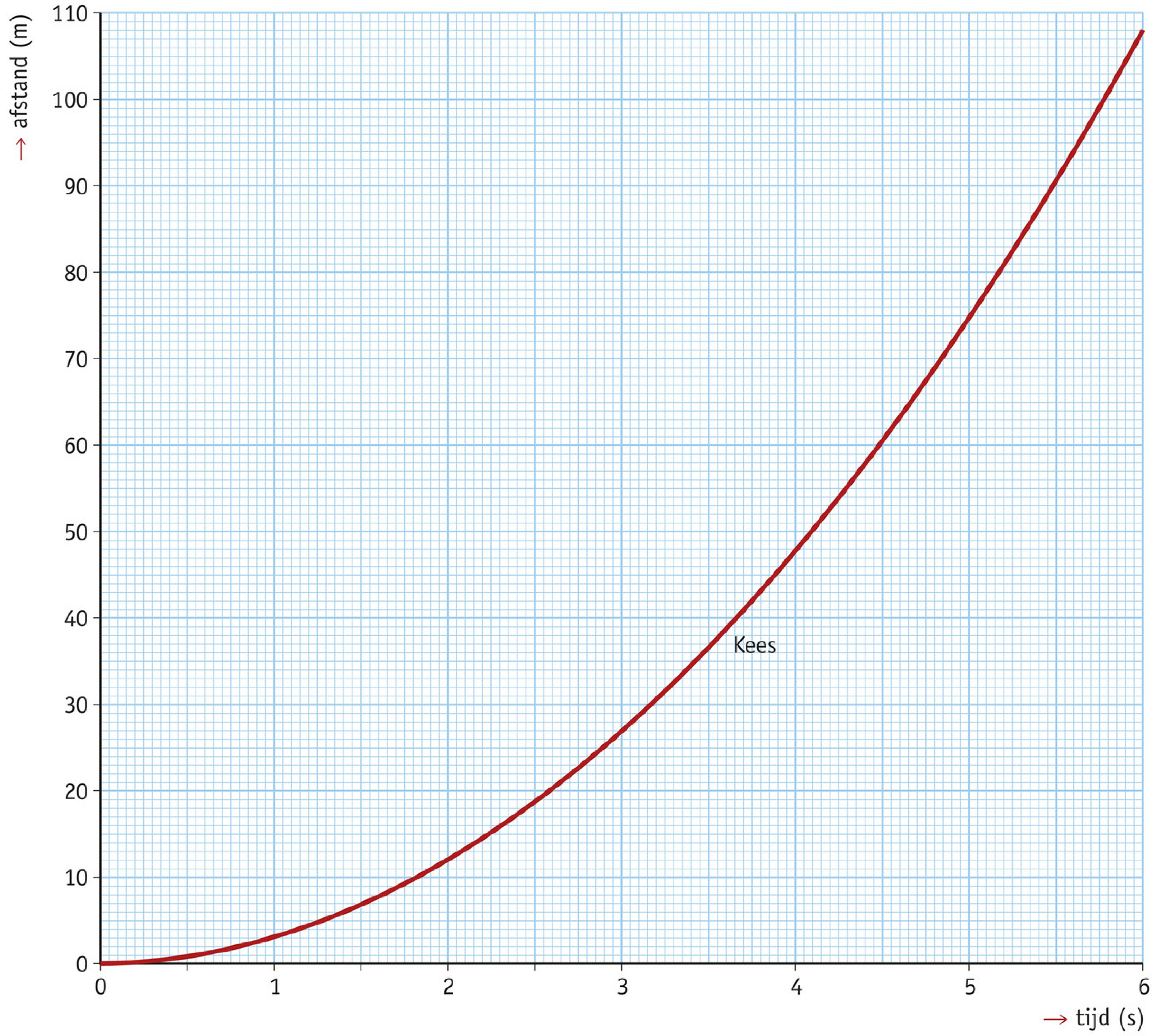
★ 6

Als het stoplicht op groen springt, trekt Kees op met zijn motor. Op hetzelfde moment passeert Willem hem met zijn motor. Willem rijdt met een constante snelheid van 15 m/s.

a Bereken de afstand die Willem heeft afgelegd:
- na 0 s;
- na 2 s;
- na 4 s.

b Teken in figuur 11 het afstand-tijddiagram van Willems beweging.

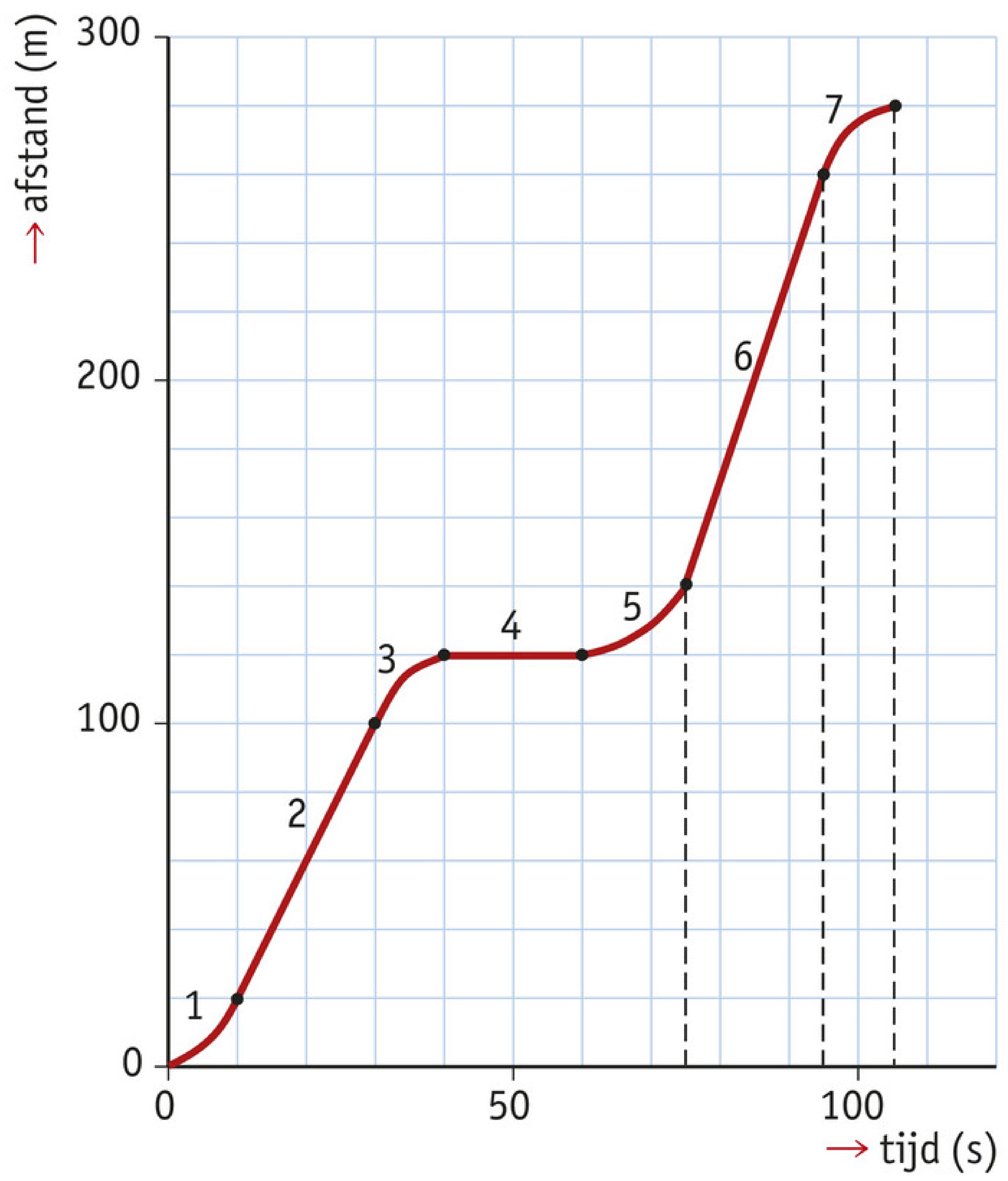
c Omdat Kees steeds sneller gaat rijden, haalt hij Willem na een tijdje weer in. Bepaal met behulp van het diagram wanneer Willem weer door Kees wordt ingehaald.



figuur 11 Het afstand-tijddiagram van Kees en Willem.

7 Jeanette fietst van huis naar school. In figuur 12 zie je het afstand-tijddiagram van haar beweging.
Noteer bij welk gedeelte van het diagram de volgende omschrijvingen horen.

a Ze staat stil voor een rood stoplicht.
b Ze rijdt met een constante snelheid van 4 m/s.
c Ze remt af als een verkeerslicht op rood springt.
d Ze stapt op de fiets en rijdt van huis weg.
e Ze rijdt met een constante snelheid van 6 m/s.
f Ze rijdt weg als het stoplicht op groen springt.
g Ze remt en stapt af als ze bij school aankomt.



figuur 12 De fietstocht van Jeanette.

8 Bekijk nogmaals het afstand-tijddiagram in figuur 12.
Waar in het diagram zie je:

a een versnelde beweging?
b een eenparige beweging?
c een vertraagde beweging?
d stilstand (geen beweging)?

9 Een auto beweegt eenparig op de snelweg. De auto legt in twee minuten een afstand af van 3,6 km.
Bereken de snelheid van de auto (in km/h).

Test je kennis met de *Test jezelf*.

EXTRA *REJECTED TAKE-OFF*

10 Beantwoord de volgende vragen.

a Leg uit dat een piloot vanaf een bepaalde snelheid de start niet meer kan afbreken.

b Hoe noem je de beweging vanaf de start van het vliegtuig tot het moment dat de piloot begint te remmen?

c Hoe noem je de beweging vanaf het moment dat de het vliegtuig begint te remmen tot het moment dat het vliegtuig stilstaat?

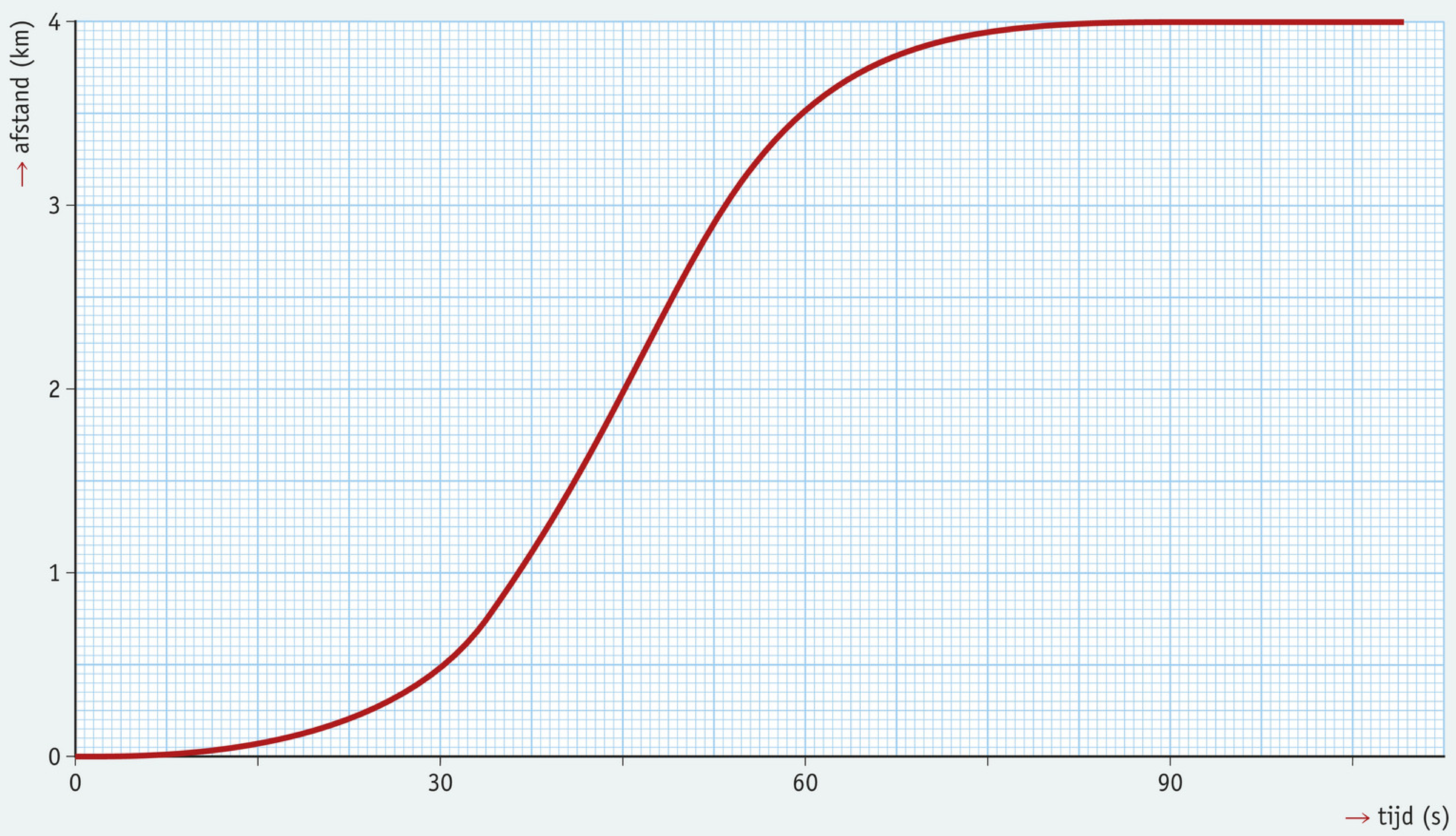
11 In figuur 13 zie je het afstand-tijddiagram van een vliegtuig dat de start afbreekt op de landingsbaan. Het vliegtuig startte bij het begin van de baan en kwam net voor het eind van de startbaan tot stilstand. Gebruik de figuur bij het beantwoorden van de volgende vragen.

a Na hoeveel seconden stond het vliegtuig stil?

b Wat is de lengte van de startbaan?

c Na hoeveel seconden begon de piloot met remmen?

d Op welk tijdstip had het vliegtuig zijn grootste snelheid?



figuur 13 Het afstand-tijddiagram van het vliegtuig.

4 Remmen en botsen

LEERDOELEN

5.4.1 Je kunt uitleggen wat de remweg is en waarvan de remweg afhangt.
5.4.2 Je kunt aan de hand van een grafiek uitleggen wat het verband is tussen de beginsnelheid en de remweg.
5.4.3 Je kunt uitleggen wat bedoeld wordt met de reactietijd en de reactie-afstand.
5.4.4 Je kunt de stopafstand van een auto berekenen.
EXTRA 5.4.5 Je kunt uitleggen hoe het antiblokkeersysteem (ABS) van een auto werkt.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN				
	5.4.1	5.4.2	5.4.3	5.4.4	5.4.5
Onthouden	1, 2, 7b		3, 7a		10ab
Begrijpen	4abcd, 5, 6b	8abcde	6a		11abc
Toepassen				7cd	11d
Analyseren				9	

In het verkeer moet je altijd rekening houden met de andere weggebruikers om je heen. Als het nodig is, moet je tijdig kunnen stoppen – ook als de weg glad is en je auto zwaarbeladen.

DE REMWEG

PROEF 4

Als een autobestuurder het rempedaal intrapt, neemt de snelheid af. Tijdens het remmen legt de auto nog wel een bepaalde afstand af. Deze afstand wordt de **remweg** genoemd. Hoe langer de remweg, des te groter is de kans op een ongeluk.

Hoe lang de remweg is, hangt af van:

1 *De beginsnelheid*
De beginsnelheid is de snelheid op het moment dat de auto begint te remmen. Hoe groter de beginsnelheid, hoe langer de remweg.

2 *De (totale) massa van de auto*
Hoe groter de massa van een auto, hoe langer de remweg. Een volgeladen vrachtwagen heeft een langere remweg dan een lege.

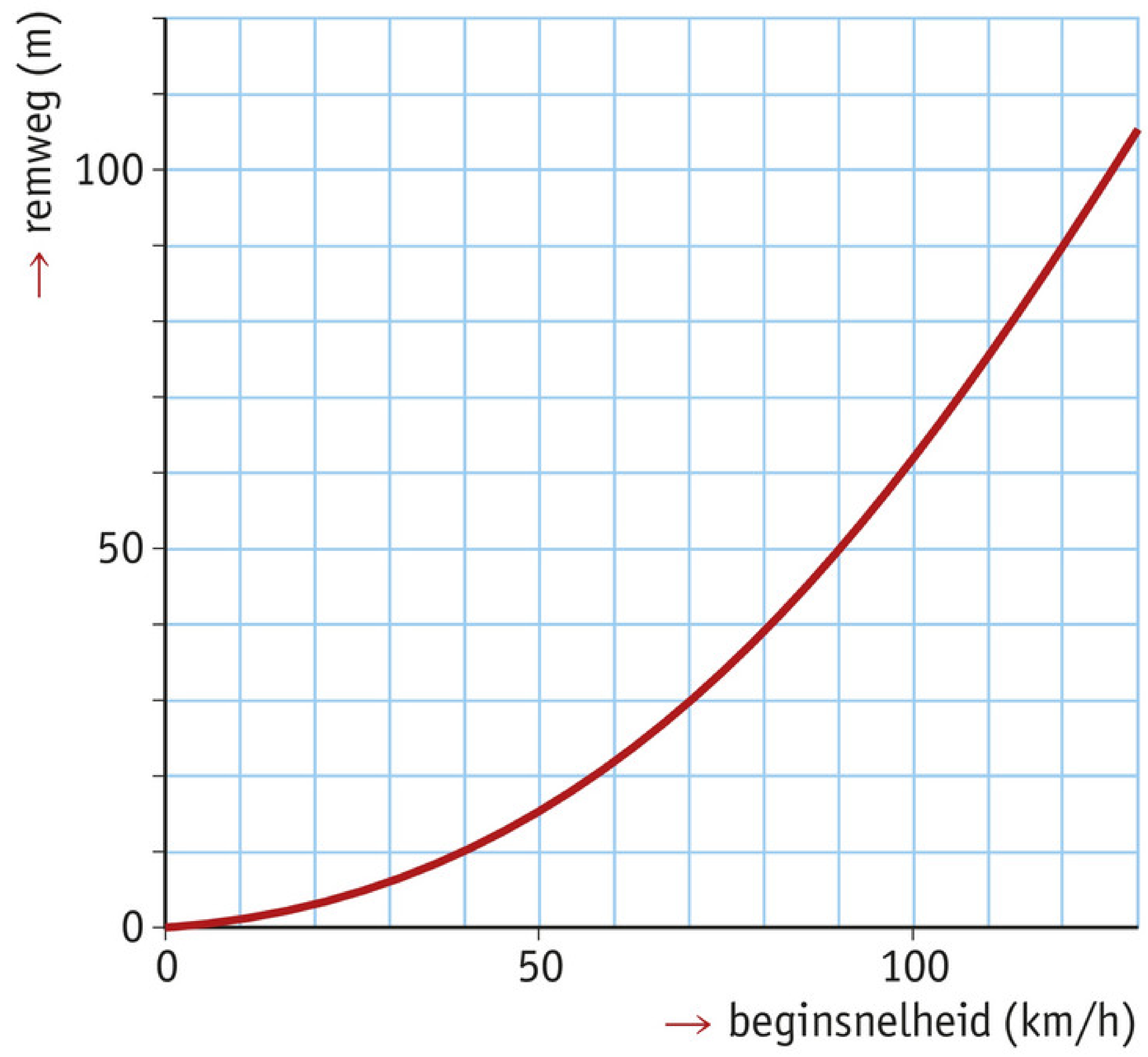
3 *De remkracht*
Hoe harder je op het rempedaal trapt, des te groter wordt de remkracht en des te korter wordt de remweg. Maar je moet niet zo hard op de rem trappen dat de auto gaat slippen.

DE BEGINSNELHEID EN DE REMWEG

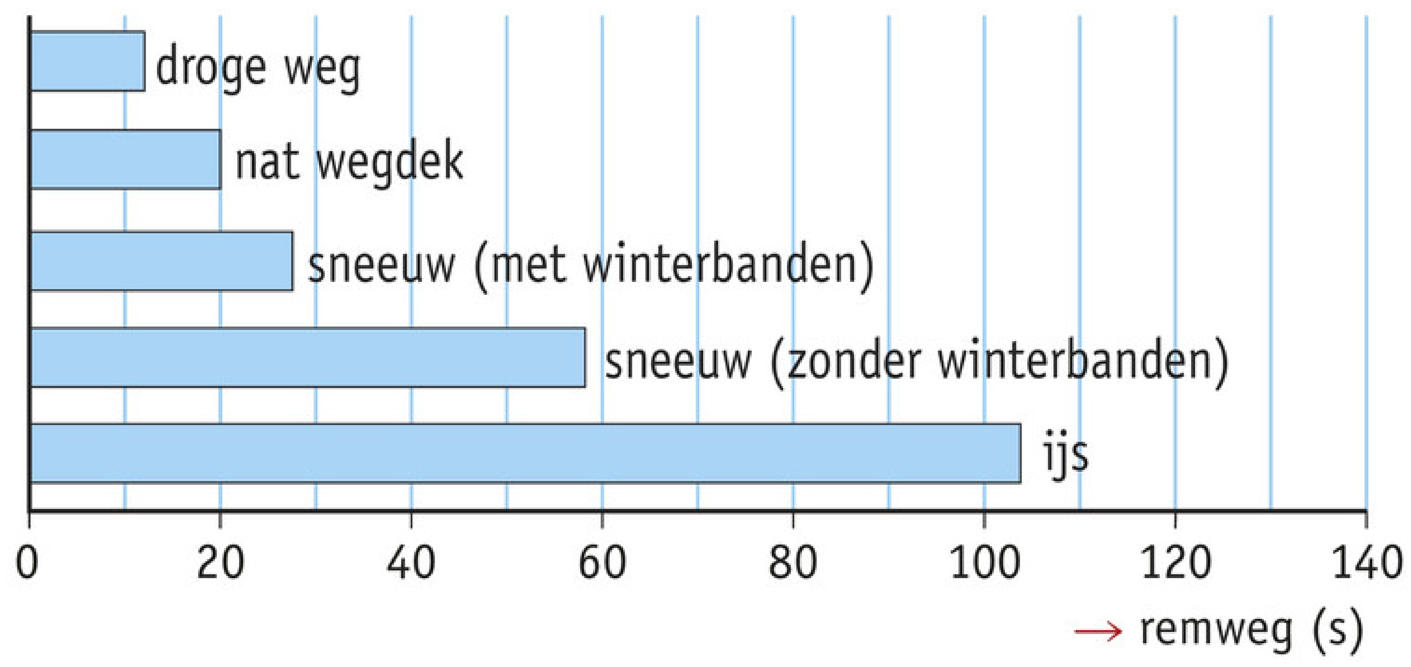
In figuur 1 kun je zien hoe lang de remweg is bij verschillende beginsnelheden. De gegevens in de grafiek zijn afkomstig van remproeven. Bij deze proeven is steeds dezelfde auto gebruikt. Ook is steeds even hard geremd. Alleen de beginsnelheid was elke keer anders.

Bij 71 km/h is de remweg twee keer zo lang als bij 50 km/h. Bij 87 km/h is de remweg al drie keer zo lang en bij 100 km/h vier keer zo lang. Je ziet dat de remweg snel toeneemt als het gaspedaal iets verder wordt ingedrukt. Daarom is het belangrijk dat automobilisten een veilige snelheid aanhouden.

De grafiek in figuur 1 geldt voor normale omstandigheden, dus met goede remmen en banden, een normaal wegdek en droog weer. Als de remmen versleten zijn of het wegdek glad is door sneeuw of ijzel, kan de bestuurder minder hard remmen. De remkracht is dan kleiner en de remweg langer, soms zelfs veel langer. Dat zie je in figuur 2.



figuur 1 Het verband tussen de (begin)snelheid en de remweg.



figuur 2 Het wegdek en het weer hebben invloed op de remkracht en dus ook op de remweg. De snelheid van de auto is steeds 50 km/h.

DE MASSA EN DE REMWEG

Behalve de (begin)snelheid heeft ook de massa invloed op de remweg. Hoe zwaarder een auto of een fiets beladen is, hoe langer de remweg wordt. Dat merk je bijvoorbeeld als je iemand meeneemt achter op je fiets. Ook al rem je even hard als anders, met iemand achterop duurt het langer voor je stilstaat (figuur 3).



figuur 3 Met iemand achterop is de massa groter en de remweg langer.

Veel mensen gaan 's zomers met een zwaarbeladen auto op vakantie. De remweg van hun auto is dan langer dan ze gewend zijn. Als het goed is, houden ze daar ook rekening mee. Bijvoorbeeld door wat langzamer te rijden, vooral als het verkeer druk is. Zo kunnen ze de remweg, die anders te lang zou worden, terugbrengen tot een veilige waarde.

Met een zwaarbeladen auto moet je op de snelweg ook meer afstand houden. Als er dan onverwacht iets gebeurt, zul je minder snel tegen je voorligger aan rijden. Meer afstand houden is ook verstandig als het regent of sneeuwt. Zo verklein je de kans op een ongeluk.

DE REACTIETIJD EN DE REACTIE-AFSTAND

PROEF 5

Als een kind voor een auto de weg op rent, zal de bestuurder afremmen. Maar de bestuurder kan niet meteen reageren als hij het kind ziet: het duurt altijd even voor het rempedaal is ingetrapt. De tijd tussen zien en reageren wordt de **reactietijd** genoemd.

De reactietijd ligt normaal gesproken tussen 0,7 en 1,0 s. Maar als je niet oplet of vermoeid bent, reageer je een stuk langzamer. Het gebruik van alcohol, drugs en sommige medicijnen maakt de reactietijd ook langer.

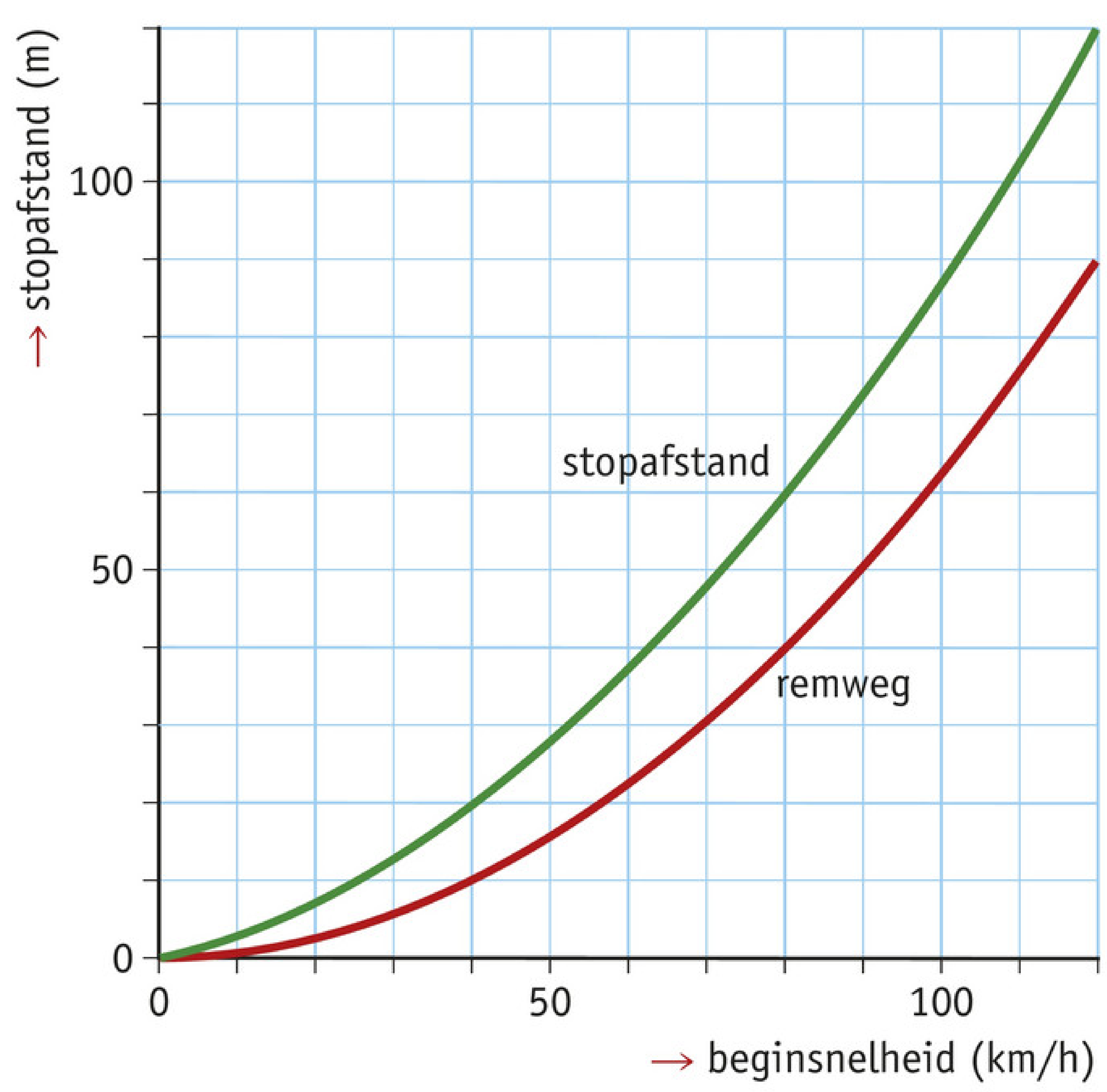
Tijdens de reactietijd beweegt de auto eenparig verder, omdat het rempedaal nog niet is ingetrapt. De afstand die de auto in die tijd aflegt, wordt de **reactie-afstand** genoemd. Omdat de beweging eenparig is, kun je de reactie-afstand uitrekenen met de formule afstand = snelheid × tijd.

De totale afstand die een auto nodig heeft om te stoppen, is dus groter dan alleen de remweg. Je moet ook de afstand meerekenen die de auto tijdens de reactietijd aflegt. Met andere woorden voor de **stopafstand** geldt:

stopafstand = reactie-afstand + remweg

met daarin:
- de stopafstand, de reactie-afstand en de remweg in meter (m).

In figuur 4 zie je hoe groot de stopafstand is bij verschillende beginsnelheden. Daarbij is uitgegaan van een reactietijd van 1,0 s.



figuur 4 Het verband tussen snelheid en stopafstand.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

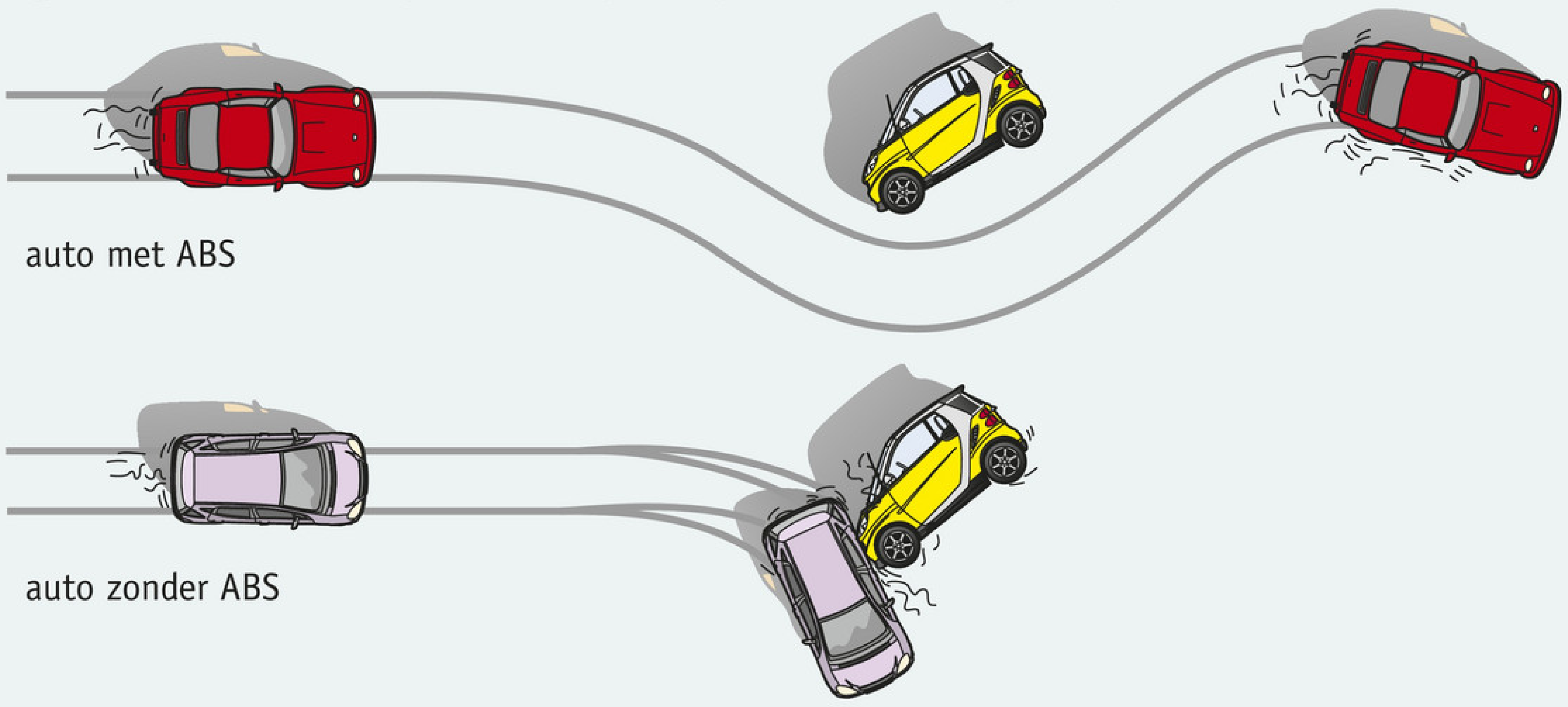
EXTRA ABS

Een automobilist die een noodstop moet maken, trapt vaak vol op de rem. Dat is begrijpelijk, maar je kunt het beter niet doen. Door het harde remmen blokkeren de wielen en wordt de auto onbestuurbaar. Je kunt auto's en andere obstakels dan niet meer ontwijken.

Auto's met een antiblokkeersysteem (ABS) hebben dit probleem niet (figuur 5). De sensoren van het ABS waarschuwen als de wielen te langzaam draaien. Het ABS laat de druk in het remsysteem dan kleiner worden. De wielen kunnen nu weer vrij draaien en houden zo grip op de weg.

De remdruk wordt daarna weer opgebouwd, tot de wielen opnieuw dreigen te blokkeren. Dit kan een aantal keren na elkaar gebeuren. Je voelt de auto 'pompend remmen': de remmen worden telkens aangetrokken en vlak voor het blokkeren weer losgelaten.

figuur 5 Een noodstop met ABS (boven) en zonder ABS (onder).



LEERSTOF

1 Waar hangt het van af hoe lang de remweg van een auto is?

2 Onder sommige omstandigheden is de remweg van een auto een stuk langer dan gewoon.
Noteer drie van zulke omstandigheden.

3 Soms is de reactietijd van een automobilist een stuk langer dan 0,7 à 1,0 s.
Waardoor kan dat komen? Noteer vier mogelijke oorzaken.

TOEPASSING

4 In de volgende situaties is de remweg van de auto langer dan normaal. Dat kan twee oorzaken hebben: de massa is groter dan normaal of de remkracht is kleiner dan normaal. Kies bij elke situatie de juiste oorzaak.

a De chauffeur heeft zijn vrachtwagen veel te zwaar beladen.
de massa is groter dan normaal / de remkracht is kleiner dan normaal

b De banden hebben nog maar nauwelijks profiel.
de massa is groter dan normaal / de remkracht is kleiner dan normaal

c Aan de trekhaak is een caravan gekoppeld.
de massa is groter dan normaal / de remkracht is kleiner dan normaal

d De weg is door ijzel glad geworden.
de massa is groter dan normaal / de remkracht is kleiner dan normaal

5 Steeds meer automobilisten laten winterbanden plaatsen. Deze banden hebben bij lage temperaturen een betere ‘grip’ op de weg dankzij een speciaal rubbermengsel. Leg met behulp van het begrip ‘remweg’ uit welk voordeel winterbanden hebben.

6 Veel ongelukken ontstaan doordat een auto niet binnen een bepaalde afstand tot stilstand kan komen. Bekijk de volgende mogelijke oorzaken:

1 versleten banden;
2 vermoeidheid;
3 zware regen;
4 slechte remmen;
5 een zwaarbeladen auto;
6 gebruik van alcohol/drugs;
7 een te hoge snelheid.

a Welke omstandigheden beïnvloeden de reactietijd?

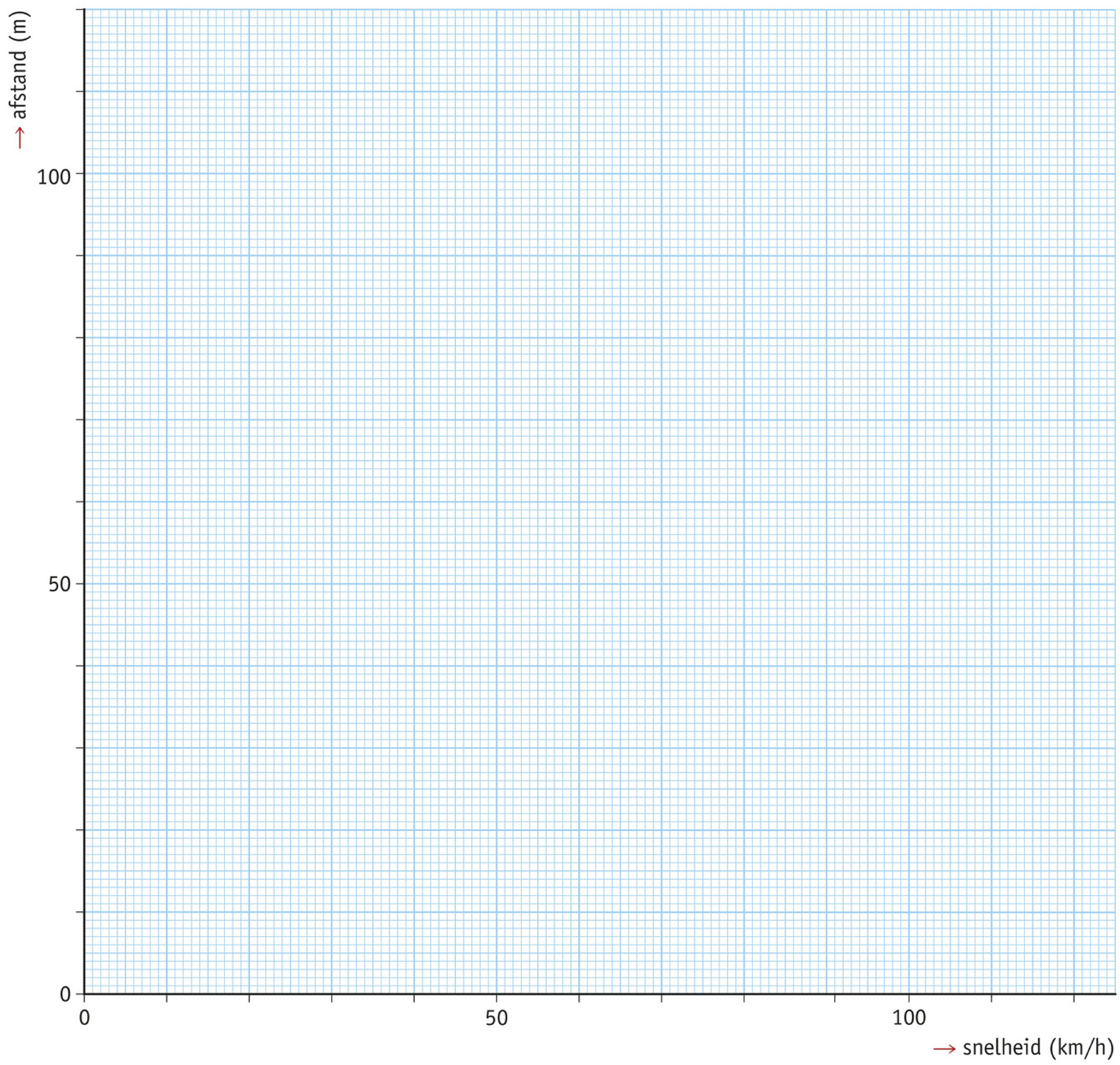
b Welke omstandigheden maken de remweg langer?

7 Een verkeersonderzoeker meet de reactie-afstand en de remweg bij verschillende snelheden. In tabel 1 zie je een aantal van zijn meetresultaten.

a Leg uit wat bedoeld wordt met de ‘reactie-afstand’.
b Leg uit wat bedoeld wordt met de ‘remafstand’.
c Bereken hoe groot de stopafstand is in elke situatie.
Noteer de uitkomsten in de vierde kolom van de tabel.
d Teken in figuur 6 hoe de stopafstand afhangt van de (begin)snelheid.

tabel 1 De meetgegevens van vier remproeven.

snelheid (km/h)	reactieafstand (m)	remweg (m)	stopafstand (m)
18	4	2	
36	8	8	
72	16	32	
108	24	72	



figuur 6 Het verband tussen de beginsnelheid en de stopafstand.

8 Je kunt uit figuur 4 aflezen hoe groot de stopafstand is bij verschillende (begin)snelheden.
Noteer hoe groot de stopafstand is bij de volgende snelheden.

a 30 km/h ....

b 50 km/h ....

c 70 km/h ....

d 90 km/h ....

e 110 km/h ....

★ 9 Evi rijdt met een constante snelheid van 36 km/h op haar scooter als zij plotseling moet stoppen. Haar reactietijd is 0,7 s en haar remweg 12 m.
Bereken de stopafstand. Schrijf de berekening volledig en overzichtelijk op.

Test je kennis met de *Test jezelf*.

EXTRA ABS

10 Een automobilist rijdt met 80 km/h over een doorgaande weg als opeens vlak voor hem een tractor de weg oprijdt. De automobilist trapt van schrik keihard op het rempedaal.
Wat gebeurt er in zo'n situatie:
a met een auto zonder ABS?
b met een auto met ABS?

11 Wanneer heb je het meest aan ABS:
a als je hard of als je zacht moet remmen?
b als je remt bij droog weer of bij nat weer?
c als je remt op een recht stuk weg of in de bocht?
d Leg uit hoe je aan je antwoord bij opdracht 11c gekomen bent.

Practica

PROEF 1 EEN STROBOSCOPISCHE FOTO MAKEN

50 minuten

Inleiding
Het maken van een stroboscopische foto is vaak een goede manier om een beweging vast te leggen. Het mooie van zo'n foto is dat hij de hele beweging in één beeld samenvat. Sporters gebruiken zo'n foto om erachter te komen hoe ze een beweging exact uitvoeren. Zo kunnen ze ontdekken wat zij nog kunnen verbeteren.

Doel
Bij deze proef maak je zelf een aantal stroboscopische foto's.

Nodig
- ☐ stroboscooplamp
- ☐ camera met instelbare sluitertijd
- ☐ statief
- ☐ verduisterde ruimte met een donkere achtergrond
- ☐ grafiekpapier

Uitvoeren en uitwerken
Werkverdeling
Een deel van de klas maakt de foto's. Dit zijn de fotografen. De andere leerlingen voeren om de beurt een beweging uit. Zij zijn de proefpersonen.

Voorbereiden
Instructie voor de proefpersonen:
- Bedenk welke beweging je straks gaat uitvoeren. Wees creatief en bedenk bewegingen die het 'goed doen' op een stroboscopische foto.
- Probeer de beweging uit. Let goed op je eigen veiligheid en op die van anderen.

Proefdraaien en instellen
Instructies voor de fotografen:
- Laat de proefpersoon zijn of haar beweging uitvoeren. Stel vast hoeveel tijd de te fotograferen beweging duurt.
- Stel de hoogte van het statief zo in dat de beweging goed in beeld komt.
- Stel de sluitertijd van de camera zo in dat de hele beweging gefotografeerd wordt.
- Stel de stroboscooplamp in op een geschikte waarde, tussen de 5 en 20 flitsen per seconde.

Uitvoeren
Instructies voor de fotografen:
- Vraag de proefpersoon die aan de beurt is, klaar te gaan staan.
- Druk de ontspanknop van de camera in en geef het startsein.
- Wacht tot de sluiter van de camera weer is gesloten.

1 Bekijk en beoordeel de foto.
   a Staat de beweging er duidelijk op?

   ....

   b Is de afstand tussen de verschillende beelden goed?

   ....

   c Had de sluitertijd de juiste waarde: niet te lang of te kort?

   ....

- Pas zo nodig de instellingen aan en maak nog een foto. Ga anders door naar de volgende proefpersoon.

2 Wat verandert er aan de foto als het aantal flitsen per seconde wordt verhoogd of verlaagd?

....

....

3 Wat verandert er aan de foto als de beweging langzamer wordt uitgevoerd?

....

....

4 Wat verandert er aan de foto als de sluitertijd langer of korter wordt?

....

....

5 Maak van een van de foto's die je hebt gemaakt een afstand-tijddiagram.

PROEF 2 BEWEGINGEN BESTUDEREN

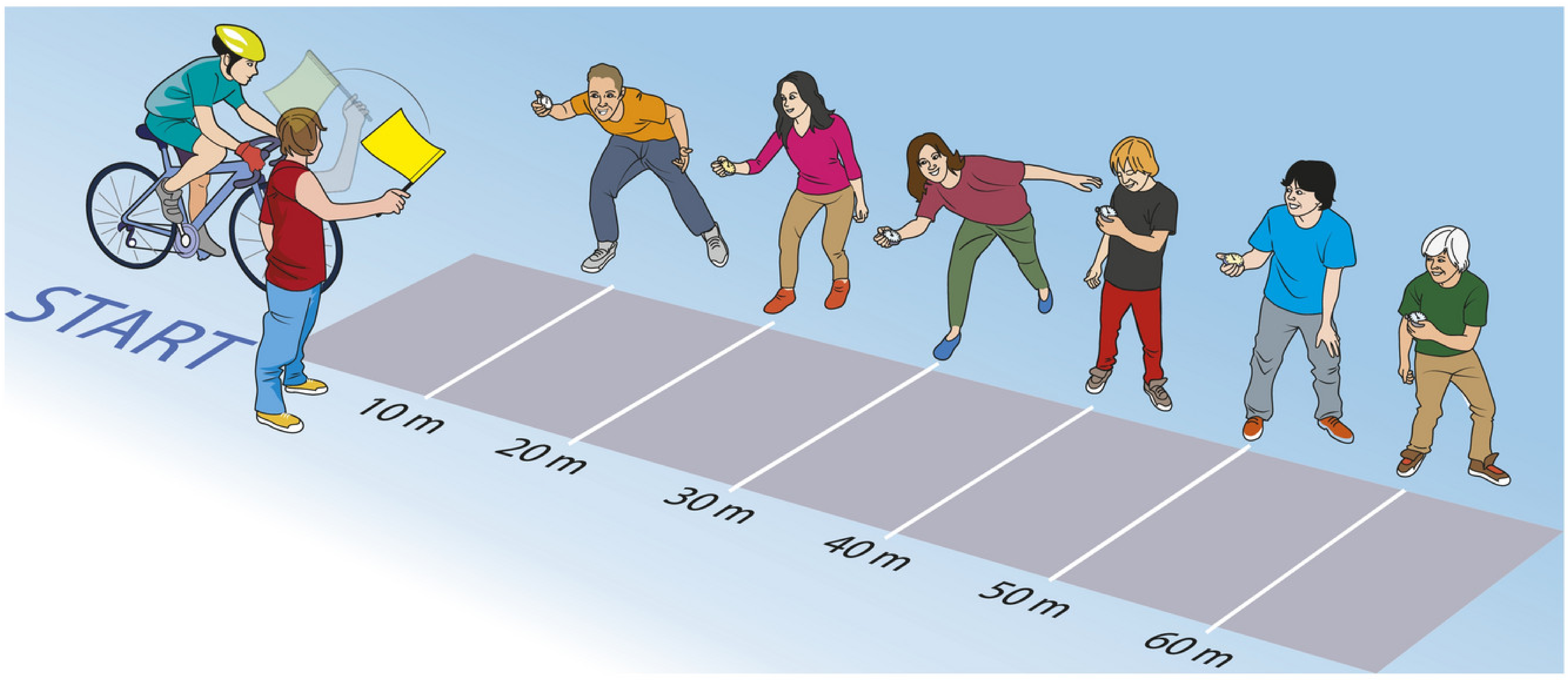
45 minuten

Inleiding
Als je een beweging wilt bestuderen, moet je de beweging eerst vastleggen. Daarna kun je de gegevens op je gemak verwerken, bijvoorbeeld door een afstand-tijddiagram te tekenen.

Doel
Je legt van drie bewegingen de gegevens vast. Daarna verwerk je de gegevens tot een afstand-tijddiagram.

Nodig
- ☐ 6 tot 10 stopwatches
- ☐ startvlag
- ☐ krijtje
- ☐ touw van 10 m
- ☐ fiets
- ☐ grafiekpapier

Uitvoeren en uitwerken
Voorbereiden
- Op een geschikte plaats is een baan van 60 tot 100 m uitgezet, met om de 10 m een krijtlijn (figuur 1).
- Bij de start gaat één leerling met de startvlag staan. Bij elke 10-meterlijn gaat één leerling met een stopwatch staan.



figuur 1 De meetopstelling voor proef 2.

Uitvoeren
Elke keer wordt er als volgt gemeten:
- De starter zwaait de startvlag naar beneden om de beweging te laten starten. Op hetzelfde moment worden alle stopwatches gestart.
- Op het moment dat de fietser een 10-meterlijn passeert, wordt de bijbehorende stopwatch stilgezet.
- Elke leerling met een stopwatch noteert ten slotte de gemeten tijd.

Zo verzamel je gegevens over drie bewegingen:

- Leerling 1 neemt een aanloop voor de startstreep en blijft daarna steeds even snel fietsen.
- Leerling 2 neemt een aanloop, maar stopt bij de startstreep met trappen en laat de fiets daarna uitrijden.
- Leerling 3 start uit stilstand en probeert zo snel mogelijk op te trekken.

Uitwerken

- Na afloop worden alle meetresultaten verzameld op het bord.

1 Noteer alle meetresultaten op de juiste plaats in tabel 1.

2 Teken het afstand-tijddiagram van elke beweging. Gebruik steeds een andere kleur.

Beantwoord de volgende vragen nadat paragraaf 3 is behandeld.

3 Vergelijk jouw afstand-tijddiagrammen met de afstand-tijddiagrammen in paragraaf 3.

a Bij welke beweging is de snelheid vrijwel constant?

....

b Waaraan zie je dat?

....

c Bij welke beweging is de beweging in het begin duidelijk versneld?

....

d Waaraan zie je dat?

....

e Bij welke beweging is de beweging duidelijk vertraagd?

....

f Waaraan zie je dat?

....

4 Bereken de gemiddelde snelheid van elke beweging, eerst in m/s en daarna in km/h.

....

....

....

....

tabel 1 De afstand-tijdtabel van proef 2.

	1	2	3
afstand (m)	tijd (s)	tijd (s)	tijd (s)
0			
10			
20			
30			
40			
50			
60			
70			
80			
90			
100			

PROEF 3 BEWEGINGEN VASTLEGGEN MET EEN TIJDTIKKER

45 minuten

Inleiding

Een tijdtikker is een apparaatje dat met regelmatige tussenpozen een stip zet op een bewegende strook papier: de tikkerband. Je maakt de tikkerband vast aan een voorwerp waarvan je de beweging wilt vastleggen.
Tijdens de beweging laat je de tikkerband door de tikker heen bewegen. Na afloop kun je aan de afstand tussen de stippen zien om wat voor beweging het gaat: versneld, eenparig of vertraagd.

Doel

Je leert hoe je met een tijdtikker een beweging kunt vastleggen.

Nodig

- ☐ 2 stukken tikkerband van 100 cm
- ☐ tijdtikker
- ☐ voedingskastje
- ☐ snoeren
- ☐ drukschakelaar
- ☐ liniaal

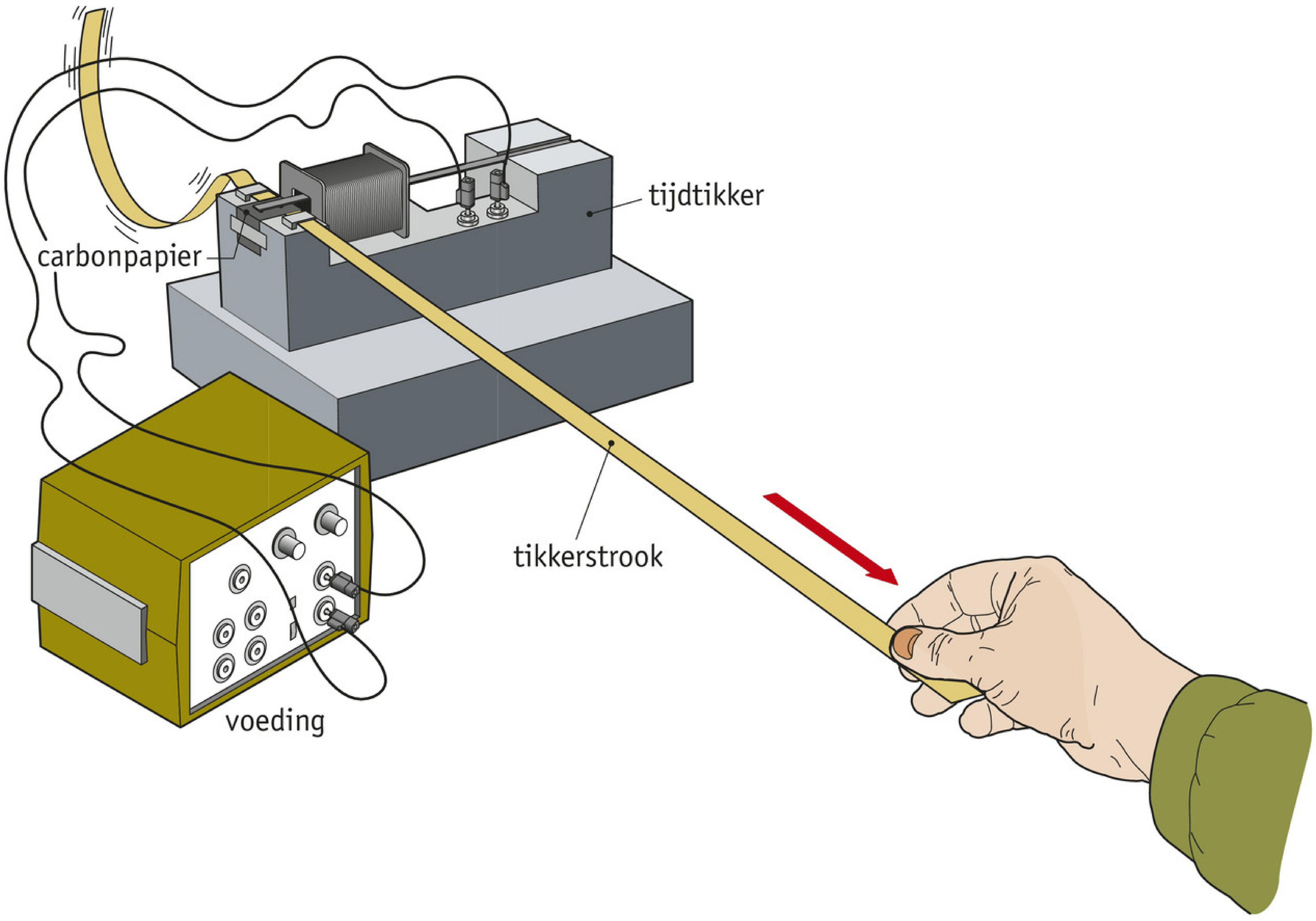
Uitvoeren en uitwerken

Voorbereiden

Sommige tijdtikkers zetten 50 stippen per seconde, andere 100 stippen per seconde. Je docent vertelt je hoe dat zit bij jouw tijdtikker. Je docent vertelt je ook op hoeveel volt wisselspanning je de tijdtikker moet aansluiten.

Uitvoeren

- Sluit de tijdtikker via de schakelaar aan op het voedingskastje (figuur 2).
- Leg een strook tikkerband van 100 cm in het apparaat.
- Laat de tijdtikker werken. Trek de strook er zo snel mogelijk (maar wel voorzichtig) doorheen. Zet de tijdtikker meteen na afloop uit.
- Doe deze proef nog een keer met een nieuwe strook.



figuur 2 De opstelling van proef 3.

Uitwerken

- Pak de eerste strook. Zoek de twee stippen op de strook die het verst uit elkaar liggen.

1 Noteer de afstand tussen deze twee stippen.

Eerste strook: ....

Tweede strook: ....

2 Noteer hoeveel tijd nodig was om deze afstand af te leggen.

Eerste strook: ....

Tweede strook: ....

3 Bereken met de gegevens van opdracht 1 en 2 de snelheid van je hand.

Eerste strook: ....

Tweede strook: ....

- Voer de opdrachten 1 tot en met 3 ook met de tweede strook uit.

4 Vul in.

Als de snelheid van je hand toeneemt, wordt de afstand tussen de stippen ....

Als de snelheid van je hand afneemt, wordt de afstand tussen de stippen ....

PROEF 4 DE REMWEG VAN JE FIETS

45 minuten

Inleiding

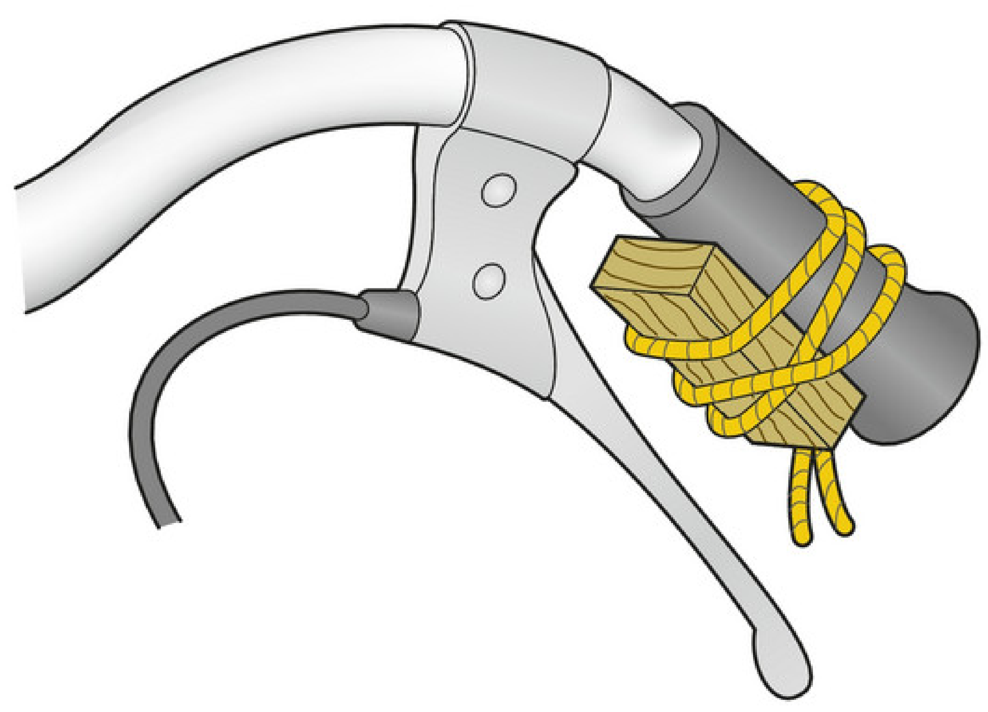
Als je remt met je fiets, sta je niet meteen stil. Tijdens het remmen leg je nog een bepaalde afstand af. Deze afstand wordt de remweg genoemd.

Doel

Je voert een onderzoek uit naar de remweg van een fiets. De onderzoeksvraag is:
Hoe hangt de remweg van je fiets af van de beginsnelheid (de snelheid op het moment dat je begint te remmen)?

Nodig

- ☐ stopwatch
- ☐ meetlint
- ☐ fiets met handremmen
- ☐ 2 houten blokjes
- ☐ touw
- ☐ grafiekpapier



figuur 3 Zo kun je steeds met dezelfde kracht remmen.

Uitvoeren en uitwerken

Voorbereiden

- Je doet deze proef met z'n tweeën: leerling 1 fietst, leerling 2 neemt de tijd op en meet de remweg.
- Maak de blokjes vast aan je stuur, zoals in figuur 3 is getekend. Je kunt dan elke keer met dezelfde kracht afremmen.
- Zet op het schoolplein of op een stille weg een afstand uit van 10 m.

Uitvoeren

- Leerling 1 rijdt met een constante snelheid over het traject van 10 m. Na het passeren van de 10-meterlijn remt hij meteen af, tot hij stilstaat.
- Leerling 2 meet de tijd waarin leerling 1 de 10 m aflegt. Na afloop meet hij hoe lang de remweg is.
- Voer de genoemde metingen uit bij vijf verschillende snelheden (van heel langzaam tot zo snel mogelijk).

1 Noteer alle meetgegevens in tabel 2: de tijd in de eerste kolom en de remweg in de derde kolom.

tabel 2 De meetresultaten van proef 4.

10-metertijd (s)	snelheid voor het remmen (m/s)	remweg (m)
-	0	0

Verwerken

2 Bereken de snelheid vóór het remmen bij elke meting. Noteer die snelheid in de tweede kolom van de tabel.

3 Maak een grafiek van je waarnemingen waarin je de remweg uitzet tegen de beginsnelheid (de remweg langs de verticale as, de beginsnelheid langs de horizontale as).

PROEF 5 DE REACTIETIJD

15 minuten

Inleiding

Je hebt het vast weleens meegemaakt: je fietst door een drukke straat en opeens rent iemand vlak voor je de weg op. Geschrokken trap je op de rem. Maar hoe snel je ook reageert, het duurt altijd even voordat je begint met remmen. Die tijd tussen zien en doen noem je de reactietijd.

Doel

Bij deze proef bepaal je hoe groot je eigen reactietijd is.

Nodig

☐ liniaal van 30 cm

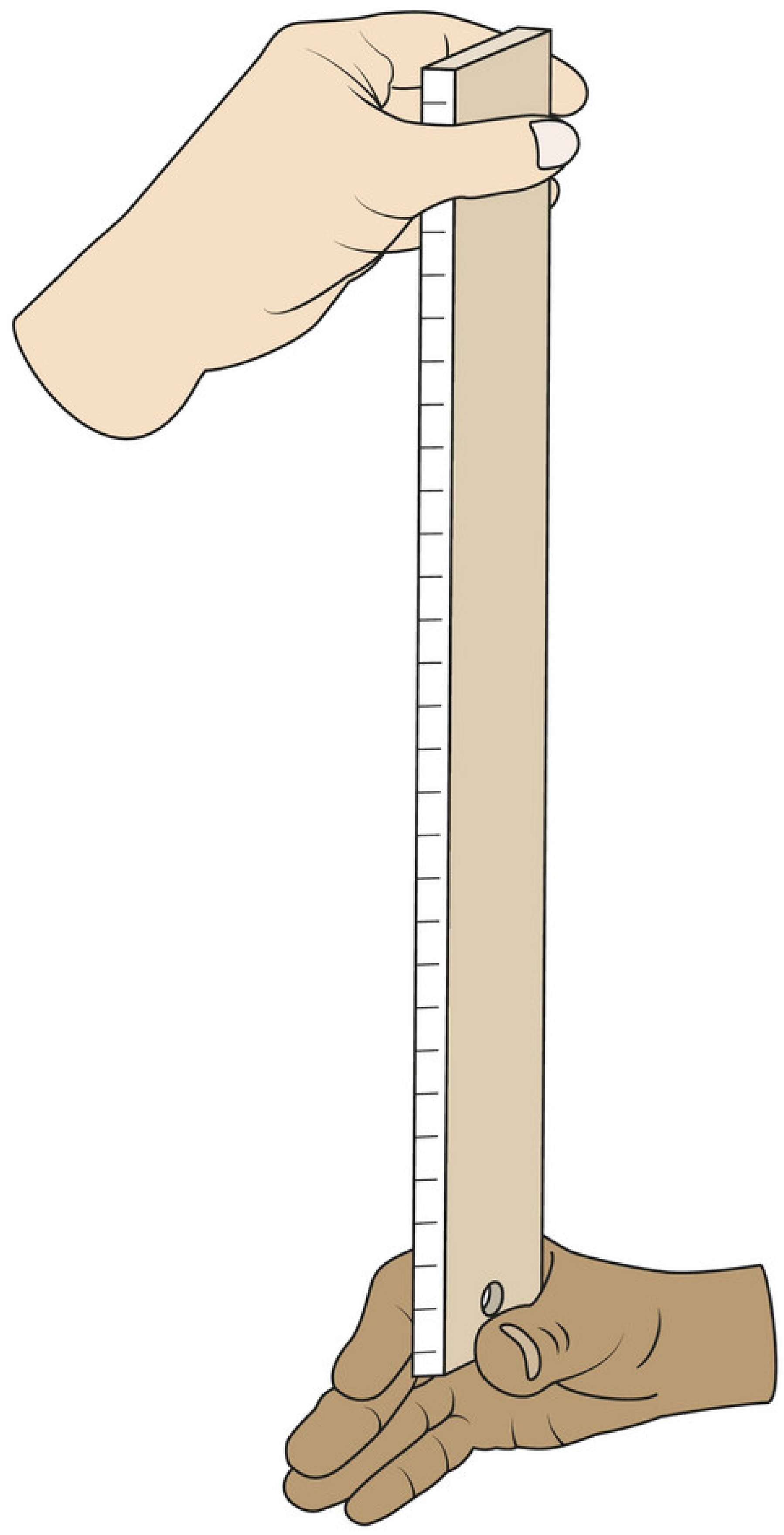
Uitvoeren en uitwerken

Werkverdeling

Je voert deze proef met z'n tweeën uit. Leerling 1 is proefpersoon, leerling 2 is de tester. Halverwege de proef wissel je de rollen om.

Uitvoeren

- Leerling 2 houdt de liniaal bovenaan vast bij het streepje van 30 cm. Leerling 1 houdt duim en wijsvinger rond het streepje van 0 cm, zonder de liniaal aan te raken. Zie figuur 4.
- Opeens laat leerling 2 de liniaal los. De proefpersoon probeert de liniaal zo snel mogelijk met duim en wijsvinger te pakken.



figuur 4 Zo voer je proef 5 uit.

1 Noteer de valafstand in tabel 3. Deze afstand kun je direct op de liniaal aflezen.

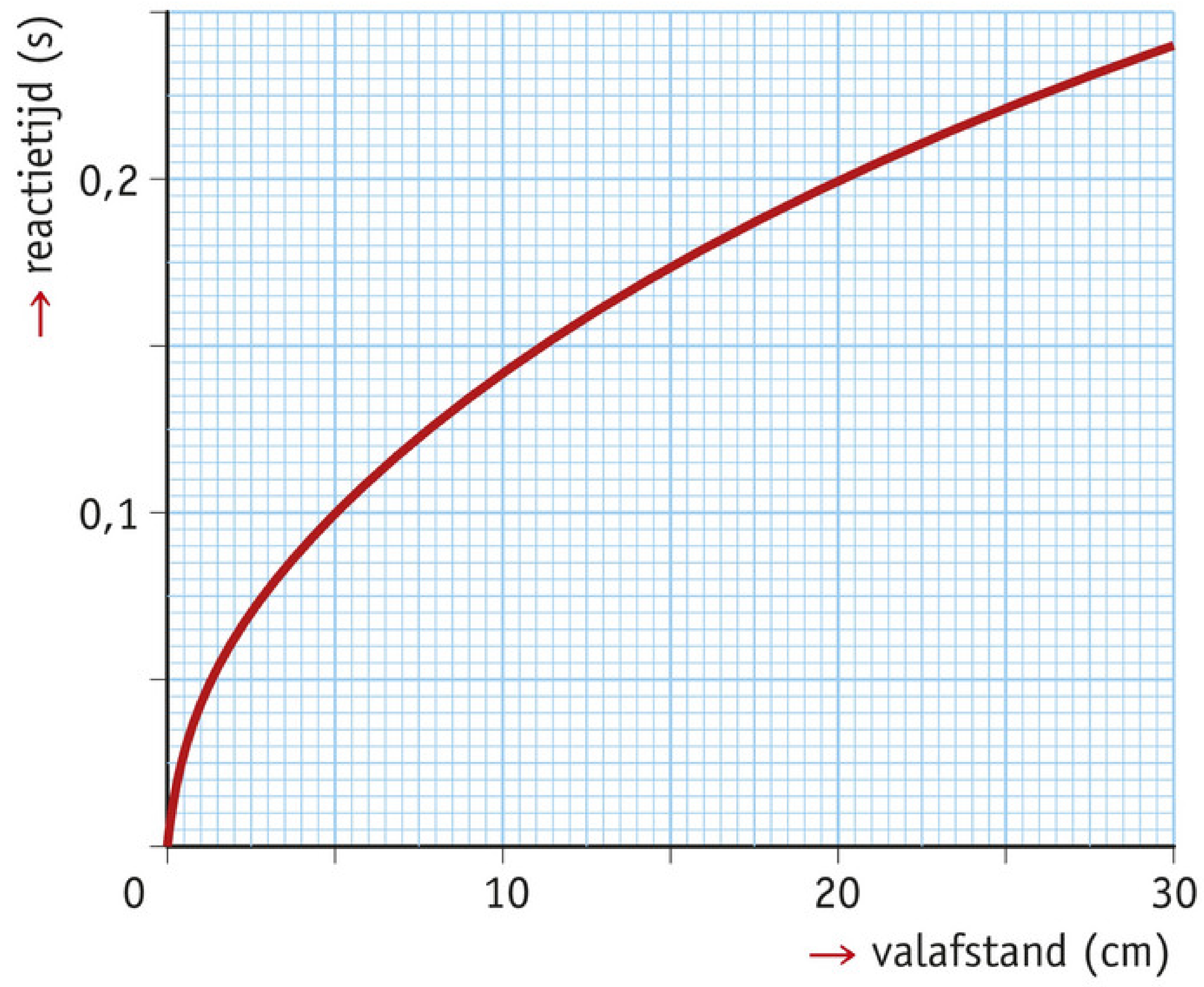
tabel 3 De meetgegevens van proef 5.

proefpersoon	valafstand (cm)	reactietijd (s)
leerling 1		
leerling 1		
leerling 1		
leerling 2		
leerling 2		
leerling 2		

- Doe deze proef in totaal drie keer. Wissel daarna de rollen om. Doe de proef nu drie keer met leerling 2 als proefpersoon.

Uitwerken

2 Zie figuur 5.
Lees bij elke valafstand de bijbehorende reactietijd af.
Noteer de reactietijd in de derde kolom van de tabel.



figuur 5 Het verband tussen de valafstand en de reactietijd.

3 Reken de gemiddelde reactietijd uit:

a van leerling 1;

....

....

....

b van leerling 2.

....

....

....

4 Het is vaak belangrijk dat je een korte reactietijd hebt. Noteer een situatie waarin dat belangrijk is:

a in het verkeer;

....

....

b in de sport.

....

....

PROEF 6 EEN ONTWERP MAKEN – EEN VALHELM VOOR EEN EI

45 minuten

Inleiding

Stel je voor: een ei lijkt qua vorm op het hoofd van een mens. Een ei en een hoofd hebben allebei een stevige buitenkant die de inhoud moet beschermen. Maar soms is die bescherming niet voldoende. Voor mensen bestaan valhelmen, voor eieren nog niet. Dat is onhandig voor mensen die met een terreinwagen op safari gaan, maar ’s ochtends niet hun eitje willen missen. Een fabrikant van kampeerspullen vraagt jou om een oplossing te bedenken ...

Doel

Bij deze proef ga je een valhelm voor een ei ontwerpen en maken. Het prototype moet aan de volgende ontwerpeisen voldoen:

Ontwerpeisen

- Voor de valhelm gebruik je zo weinig en zo licht mogelijk materiaal: hoe kleiner de massa van de valhelm, hoe beter.
- De valhelm zorgt ervoor dat een ei een val van een hoogte van 2,5 m zonder problemen overleeft.

Nodig

Bij deze proef bedenk je zelf welke (practicum)spullen je nodig hebt. Overleg als het nodig is met je docent.

Uitvoeren en uitwerken

- Bedenk hoe je de opdracht kunt uitvoeren. Uit welke onderdelen bestaat jouw valhelm, welke spullen heb je ervoor nodig, hoe kun je testen of de valhelm aan de ontwerpeisen voldoet?

1 Maak een werkplan voor deze opdracht.

- De werkplannen worden de volgende les besproken met de klas. Verbeter je eigen werkplan daarna nog als dat nodig is.
- Bouw de valhelm en test of hij aan de ontwerpeisen voldoet.

2 Maak een testverslag met daarin:

a een duidelijke foto of tekening van de valhelm;
b de tests die je hebt uitgevoerd en de resultaten daarvan;
c eventuele veranderingen die je in het ontwerp hebt aangebracht.

....

....

....

....

....

Luchtacrobaten in slow motion



Een groep ganzen strijkt neer. Vlak voordat de vogels op het water landen, haalt een gans een verbluffend staaltje luchtacrobatiek uit. Het dier gaat op zijn rug vliegen, met de buik naar boven en de poten omhoog. Alleen de kop kijkt nog gewoon rechtuit, doordat de nek 180 graden is gedraaid. Het lijkt een unieke prestatie, maar niets is minder waar: een paar andere ganzen volgen meteen zijn voorbeeld.

Slow motion

Dat de vliegstunts van de ganzen in slow motion zijn vastgelegd, is te danken aan *De Vliegkunstenaars*, een uniek project van de Universiteit van Wageningen. Bij dit project werden hogesnelheidscamera's uitgeleend aan vrijwilligers: natuurliefhebbers, hobbyfotografen, kunstenaars en andere belangstellenden. Ze kregen de opdracht om opnames te maken van luchtacrobatiek in de natuur.

De deelnemers aan het project filmden de meest uiteenlopende onderwerpen. Zo werden er opnames gemaakt van een vlieg die een salto maakt, van mussen die een luchtgevecht houden en van een bij die tegen een hommel botst. Onderzoekers gebruiken de beelden om te bestuderen hoe vogels en insecten vliegen. Normaal bewegen de vleugels veel te snel om dat goed te zien.

Een gewone video-opname, zoals een filmpje op *YouTube*, bestaat uit 24 tot 30 beeldjes per seconde. Als je zo'n opname op de gewone snelheid bekijkt, zie je niet de afzonderlijke beeldjes, maar een vloeiend bewegend beeld. Dat verandert wanneer je de opname tien keer vertraagd afspeelt. Dan zie je een opeenvolging van losse beeldjes die niet de suggestie wekken van een vloeiende beweging.

Een hogesnelheidscamera is gemaakt om bewegingen vast te leggen die met het blote oog niet te volgen zijn. Daarom legt

zo'n camera veel meer beeldjes vast dan een gewone videocamera. Een opname kan bijvoorbeeld uit 300 beeldjes per seconde bestaan. Als je zo'n opname dan tien keer vertraagd afspeelt, lijkt een seconde 10 seconden te duren. Omdat er bij het afspelen 300 : 10 = 30 beeldjes per seconde te zien zijn, ziet de beweging er toch vloeiend uit.



figuur 1 Een hogesnelheidscamera.

Het vertraagd maar vloeiend weergeven van bewegingen wordt *slow motion* genoemd. Slow motion is niet alleen nuttig in de wetenschap, om snelle bewegingen vast te leggen en te onderzoeken. De techniek wordt ook vaak in films gebruikt, bijvoorbeeld om een dramatische scène nog indrukwekkender te maken of om bij een actiescène ieder detail te laten zien.

Vliegkunstenaars

Voor het project *De Vliegkunstenaars* werden meer dan tweeduizend filmpjes gemaakt door 460 vrijwilligers. De filmpjes zijn vrij beschikbaar op het internet en kunnen gebruikt worden voor spreekbeurten, wetenschappelijk onderzoek en alles daartussenin! Daardoor kun je nu in alle rust genieten van de schitterende vliegbewegingen van alledaagse vliegkunstenaars om ons heen: van vlinder tot mus, van vleermuis tot helikopterzaadje.

Slowmotionopnames van vogels en insecten zijn enorm waardevol bij de zoektocht naar het optimale vleugelontwerp.

De opnames hebben allerlei nieuwe informatie opgeleverd. Het was bijvoorbeeld al langer bekend dat ganzen af en toe op hun rug vliegen, maar veel meer wisten de onderzoekers er niet van; de ganzen voeren de manoeuvre zo snel uit dat die met het blote oog bijna niet te volgen is. Door een van de vrijwilligers werd dit gedrag nu voor het eerst met een hogesnelheidscamera gefilmd. Dankzij hem is de hele vliegbeweging nu in slow motion te volgen.

De onderzoekers in Wageningen zijn er vooral in geïnteresseerd hoe vleugels van vogels en insecten bewegen tijdens het vliegen. Slowmotionopnames zijn voor hen onmisbaar.

David Lentink, die het project heeft opgezet: "We hebben bijvoorbeeld opnames van een wesp. Die heeft twee vleugelparen, net als andere insecten. Maar tijdens het flappen, het opwarmen voor het vliegen, haken de vleugels in elkaar, waardoor ze effectief nog maar twee vleugels hebben. Dat had ik nog nooit gezien."

De vleugels van vogels en insecten functioneren heel anders dan de starre vleugels van een vliegtuig. Het zijn lichte, buigzame structuren die allerlei complexe bewegingen kunnen maken. De vleugels gaan tijdens het vliegen niet alleen op en neer, maar draaien ook en worden intussen op allerlei manieren vervormd. Al die bewegingen zijn wel effectief: veel vogels en insecten zijn echte luchtacrobaten, snel en enorm wendbaar.

Vliegen als een libel

Kennis zoals de onderzoekers in Wageningen die verzamelen, is niet alleen interessant voor natuurliefhebbers. Die kennis wordt tegenwoordig ook toegepast bij het ontwerpen van ultrakleine vliegtuigjes. De kleinste vliegtuigjes imiteren de manier van vliegen van vogels en insecten. Ze hebben geen grote vaste vleugels, zoals een gewoon vliegtuig, maar bewegende, flexibele vleugeltjes.

WEETJE

Een van de bekendste slowmotionscènes komt uit de film *The Matrix* (1999). In deze scène lijkt de camera om hoofdpersoon Neo heen te bewegen. Deze scène is niet gemaakt met één hogesnelheidscamera, maar met 120 verschillende camera's die ieder vlak na elkaar één beeldje opnamen.



figuur 2 Een libel.



figuur 3 De *DelFly Micro*.

Slowmotionopnames van vogels en insecten zijn enorm waardevol bij de zoektocht naar het optimale vleugelontwerp.

Die zoektocht begint inmiddels vruchten af te werpen, zoals het DelFly-project van de Technische Universiteit in Delft. Het project, dat in 2005 is gestart, heeft verschillende minivliegtuigjes opgeleverd, zoals de *DelFly Micro*, die met een lengte van 10 cm en een massa van 3 g vliegt als een libel. In 2018 werd de *DelFly Nimble* gepresenteerd, die in tegenstelling tot zijn voorgangers niet wordt bestuurd met besturingselementen op de staart of achter de vleugels (zoals je die van vliegtuigen kent). In plaats daarvan vindt de besturing uitsluitend plaats door de beweging van de klapperende vleugels aan te passen, precies zoals insecten dat doen. Doordat de *DelFly Nimble* geen staart meer heeft, is hij minder kwetsbaar en veel wendbaarder. Het ontwerpteam van de Technische Universiteit in Delft hoopt de brandweer te kunnen helpen bij het opsporen van brandhaarden in een gebouw of overlevenden in ingestorte gebouwen te kunnen vinden. Ook zou het robotje kunnen worden gebruikt door de politie om een huis in kaart te brengen voordat ze er een inval doet.

Inmiddels worden steeds meer robots ontwikkeld die vliegen als insecten of vogels. Aan de universiteit van Leuven in België ontwikkelde student Frederik Leys de *Kulibrie*, een vliegende robot van 4 g, geïnspireerd op de manier van vliegen van een kolibrie. In de Verenigde Staten is aan de universiteit van Harvard de *Robobee* ontwikkeld. Deze robot van minder dan 0,1 g kan vliegen, duiken en uit het water springen. Het is de bedoeling dat deze *Robobees*, net als bijen, zich samen als een kolonie gaan gedragen.

Zo blijken filmpjes die met een hogesnelheidscamera zijn gemaakt, niet alleen interessante beelden op te leveren, maar ook tot verrassende inzichten te leiden. In de toekomst kunnen ultrakleine vliegtuigjes allerlei taken uitvoeren waarvan we nu alleen nog maar kunnen dromen – op basis van de luchtacrobatiek van vogels en insecten.

KLAPPENDE WATERBALLON

Hogesnelheidscamera's worden ook voor allerlei ander onderzoek gebruikt. Er zijn bijvoorbeeld indrukwekkende filmpjes gemaakt van waterballonnen die knappen. Met het blote oog lijkt het alsof de ballon in één keer uit elkaar klapt en het water naar beneden valt. Met filmpjes die met heel hoge snelheid zijn opgenomen, is echter te zien dat de ballon eerst openscheurt en dat het water nog even in de vorm van de ballon blijft hangen (figuur 4).



figuur 4 Een klappende waterballon

OPDRACHTEN

1 Een video is opgenomen met 450 beeldjes per seconde. De video wordt afgespeeld met 30 beeldjes per seconde.

a Hoeveel langzamer lijkt de beweging die op de video is vastgelegd?

b Er zijn al professionele camera's die kunnen filmen met een miljoen beeldjes per seconde.
Hoeveel langzamer lijkt de beweging van zo'n camera als die wordt afgespeeld met 30 beeldjes per seconde?

2 De camera's van het project *De Vliegkunstenaars* maken 600 beeldjes per seconde. Op een filmpje dat met zo'n camera gemaakt is, doet een hommel er 12 beeldjes over om 10 cm vooruit te komen.
Bereken de gemiddelde snelheid van de hommel. Geef je antwoord in m/s en in km/h.

3 De *Delfly Nimble* kan vijf minuten achter elkaar vliegen.
Leg uit wat de moeilijkheid is om zo'n klein vliegtuigje langer te laten vliegen.

Leerstofoverzicht

5.1 BEWEGINGEN VASTLEGGEN

ONTHOUD

- Bewegingen kun je vastleggen met een video-opname of een stroboscopische foto.
- De gegevens voor een afstand-tijdtabel haal je uit een video-opname of een stroboscopische foto. Je moet dan wel weten:
  - met welke tussenpozen de momentopnames zijn gemaakt;
  - hoe groot de afstanden op de beelden in werkelijkheid zijn.
- Een afstand-tijddiagram is een grafiek waarin je de afstand die een voorwerp heeft afgelegd op elk tijdstip kunt aflezen.

BEGRIPPEN

afstand-tijddiagram
Grafiek waarin de afstand is uitgezet tegen de tijd.

afstand-tijdtabel
Tabel waarin de afstand op een aantal tijdstippen is vastgelegd.

stroboscooplamp
Lamp die met regelmatige tussenpozen een korte lichtflits geeft.

stroboscopische foto
Foto die is gemaakt in een verduisterde ruimte, met als enige verlichting een stroboscooplamp.

5.2 GEMIDDELDE SNELHEID

ONTHOUD

- De gemiddelde snelheid bereken je door de afgelegde afstand te delen door de benodigde tijd: gemiddelde snelheid = $\frac{\text{afstand}}{\text{tijd}}$
- Een snelheid in m/s reken je om naar km/h door te vermenigvuldigen met 3,6. Een snelheid in km/h reken je om naar m/s door te delen door 3,6.
- De afgelegde afstand bereken je door de gemiddelde snelheid te vermenigvuldigen met de benodigde tijd: afstand = gemiddelde snelheid × tijd.

BEGRIPPEN

gemiddelde snelheid
De afgelegde afstand gedeeld door de tijd die nodig was om die afstand af te leggen (de snelheid hoeft tijdens de beweging niet constant te zijn).

5.3 VERSNELD – EENPARIG – VERTRAAGD

ONTHOUD

- Als je fietst, is je snelheid niet steeds hetzelfde. Er zijn drie soorten bewegingen:
  - een beweging waarbij de snelheid steeds toeneemt noem je een versnelde beweging;
  - een beweging waarbij de snelheid niet verandert noem je een eenparige beweging;
  - een beweging waarbij de snelheid steeds afneemt noem je een vertraagde beweging.
- Een versnelde beweging herken je in een afstand-tijddiagram aan een steeds steiler stijgende grafiek.
- Een eenparige beweging herken je in een afstand-tijddiagram doordat de grafiek een stijgende rechte lijn is.
- Een vertraagde beweging herken je in een afstand-tijddiagram aan een steeds minder steil oplopende grafiek.

BEGRIPPEN

eenparige beweging
Beweging waarvan de snelheid constant is.

versnelde beweging
Beweging waarvan de snelheid toeneemt.

vertraagde beweging
Beweging waarvan de snelheid afneemt.

5.4 REMMEN EN BOTSEN

ONTHOUD

- De remweg van een auto hangt af van:
  - de beginsnelheid: hoe groter de beginsnelheid, hoe groter de remweg;
  - de massa: hoe groter de massa, hoe groter de remweg;
  - de remkracht: hoe groter de remkracht, hoe kleiner de remweg.
- De reactietijd hangt af van de gesteldheid van de bestuurder (vermoeidheid) en het gebruik van alcohol/drugs.
- Tijdens de reactietijd beweegt het voertuig (vrijwel) eenparig (dus met de beginsnelheid). De afstand die het voertuig aflegt tijdens de reactietijd is de reactie-afstand.
- De stopafstand bereken je door de reactie-afstand en de remweg bij elkaar op te tellen: stopafstand = reactie-afstand + remweg.

BEGRIPPEN

reactie-afstand
Afstand die een voertuig aflegt tijdens de reactietijd.

reactietijd
Tijd tussen het zien van het gevaar en het aanslaan van de remmen.

remweg
Afstand die een voertuig tijdens het remmen aflegt.

stopafstand
Totale afstand die een auto nodig heeft om tot stilstand te komen.

Ga naar de *Flitskaarten* en de *Diagnostische toets*.

6 Licht

EEN WERELD VOL LICHT

Licht is niet alleen nodig om te kunnen zien, maar zorgt ook voor kleur en sfeer. Met licht kun je het centrum van een stad sfeervol verlichten, zodat mensen er ook 's avonds graag komen. Het effect is nog beter als een waterpartij het licht weerspiegelt.





1 Licht en schaduw

LEERDOELEN

6.1.1 Je kunt voorbeelden noemen van een natuurlijke en een kunstmatige lichtbron.
6.1.2 Je kunt lichtstralen schematisch tekenen.
6.1.3 Je kunt uitleggen wat er gebeurt als licht diffuus teruggekaatst wordt.
6.1.4 Je kunt de schaduw van een voorwerp tekenen.
6.1.5 Je kunt bepalen in welk gebied zich de halfschaduw en de kernschaduw bevinden.
EXTRA 6.1.6 Je kunt het verschil tussen direct en indirect licht uitleggen.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN					
	6.1.1	6.1.2	6.1.3	6.1.4	6.1.5	6.1.6
Onthouden	1a	1b	2, 3	1cd	1e	
Begrijpen	4abcd			6bc	10ab	11abc, 12abc
Toepassen			5	6a, 7a, 8a	7bc	12d
Analyseren				9ab	8b	

Als het 's nachts donker is, kun je niets zien. Je ogen hebben licht nodig om te kunnen zien. Dat licht kan op verschillende manieren in je ogen terechtkomen.

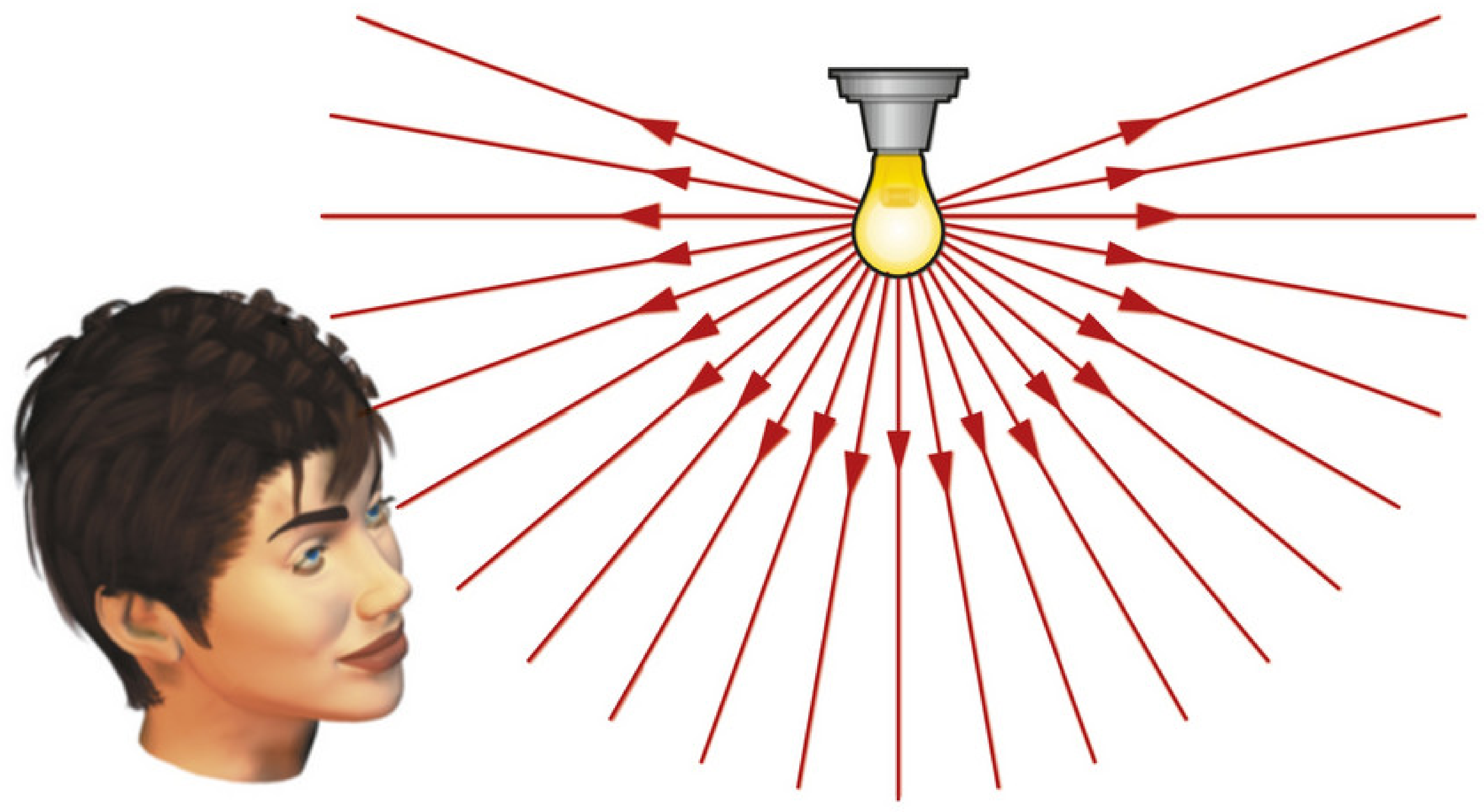
LICHTBRONNEN

Voorwerpen die zelf licht geven, noem je **natuurlijke lichtbronnen**. De zon en de sterren zijn natuurlijke lichtbronnen. Lampen, kaarsen en tl-buizen zijn **kunstmatige lichtbronnen** (figuur 1). Kunstmatige lichtbronnen zijn door de mens gemaakt.



figuur 1 Voorbeelden van kunstmatige lichtbronnen.

Als een lamp brandt, straalt hij licht uit. Het licht beweegt vanaf de lamp alle kanten op. Dat kun je aangeven door **lichtstralen** te tekenen (figuur 2). Die lichtstralen zijn recht, want licht beweegt langs rechte lijnen. Je ziet de lamp als een deel van dit licht in je ogen terechtkomt.

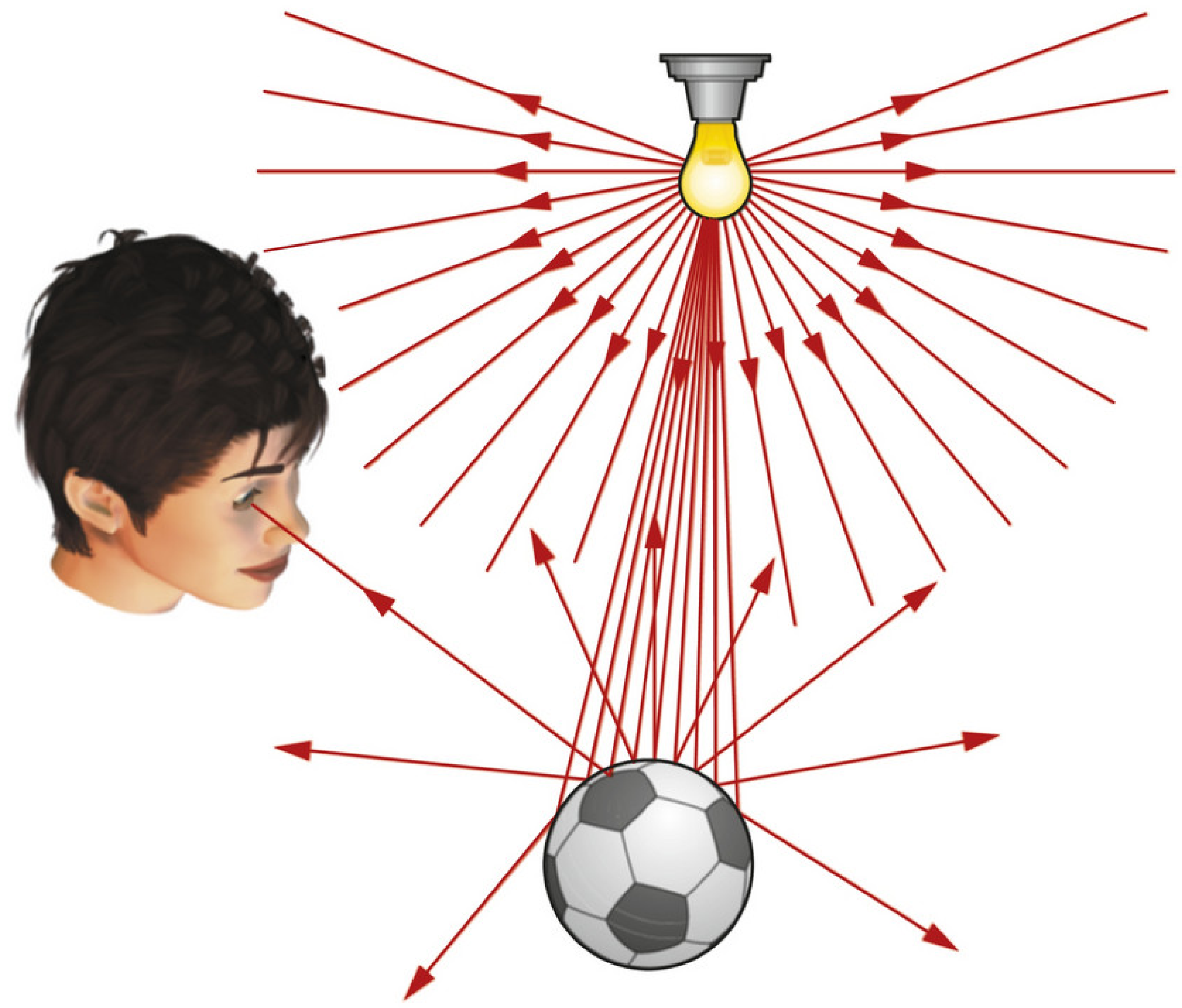


figuur 2 Je ziet de lamp als een deel van het licht in je ogen komt.

Hoe verder je bij de lamp vandaan gaat, des te zwakker wordt het licht. Dat zie je ook aan de lichtstralen: die bewegen steeds verder uit elkaar.

VOORWERPEN ZIEN DIE ZELF GEEN LICHT GEVEN

De meeste dingen om je heen geven zelf geen licht. Je kunt ze alleen zien wanneer ze verlicht worden. Het licht dat op het voorwerp valt, wordt dan **diffuus** (in alle richtingen) **teruggekaatst** (figuur 3). Je ziet het voorwerp wanneer een deel van dit teruggekaatste licht in je ogen terechtkomt.



figuur 3 Je ziet de voetbal als een deel van het weerkaatste licht in je ogen komt.

De maan geeft zelf geen licht. Je kunt de maan zien doordat die het licht van de zon weerkaatst.

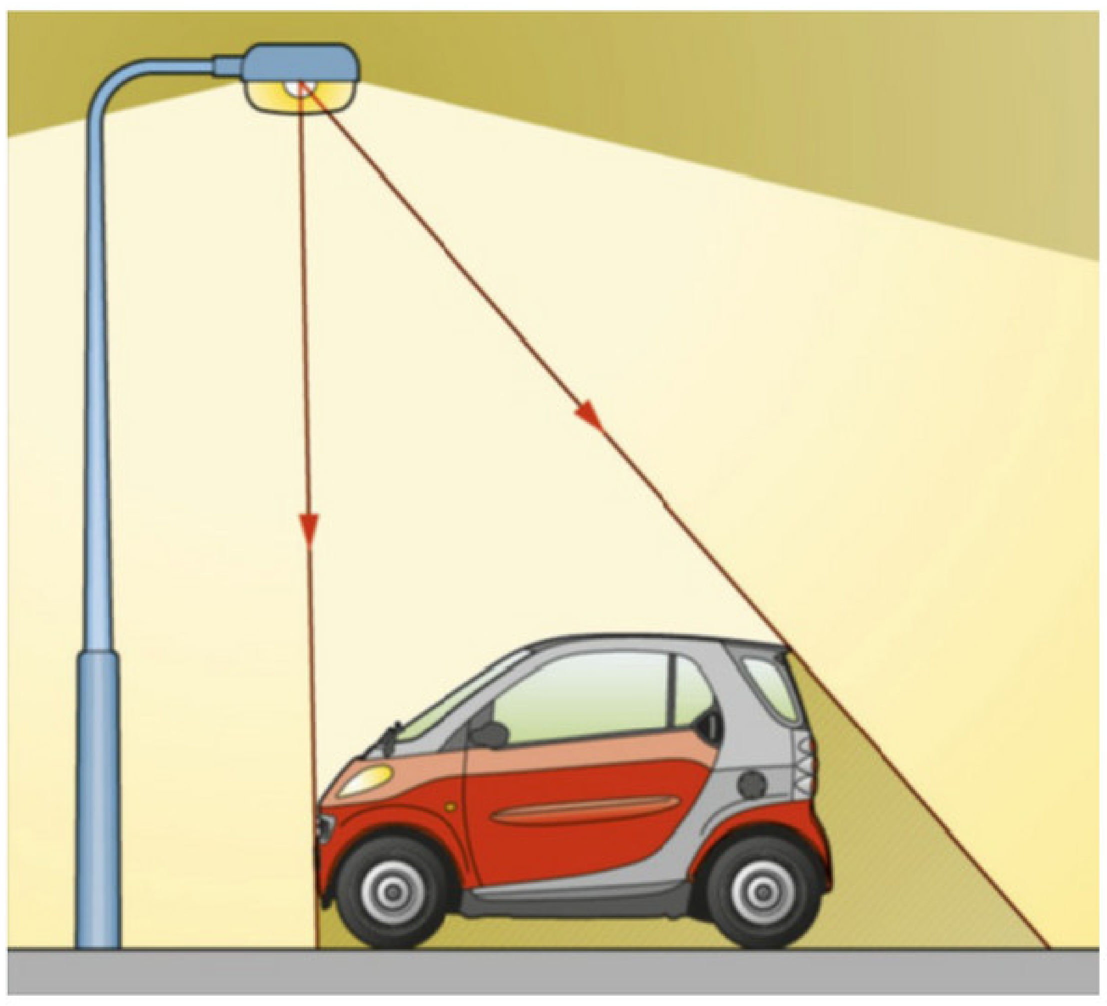
SCHADUWBEELDEN MAKEN

Als een voorwerp het licht van de lichtbron tegenhoudt, ontstaat er een **schaduw**. Er is dan een gebied waar het licht niet rechtstreeks kan komen (figuur 4). Omdat licht langs rechte lijnen beweegt, kun je op een eenvoudige manier de schaduw van een voorwerp tekenen (figuur 5):

1. Teken de lichtstralen die net niet door het voorwerp tegengehouden worden – de **randstralen**.
2. Arceer het gebied achter het voorwerp dat tussen de twee randstralen in ligt. Dit is het gebied waar het licht niet rechtstreeks kan komen: het schaduwgebied.



figuur 4 Schaduw ontstaat als je licht tegenhoudt.

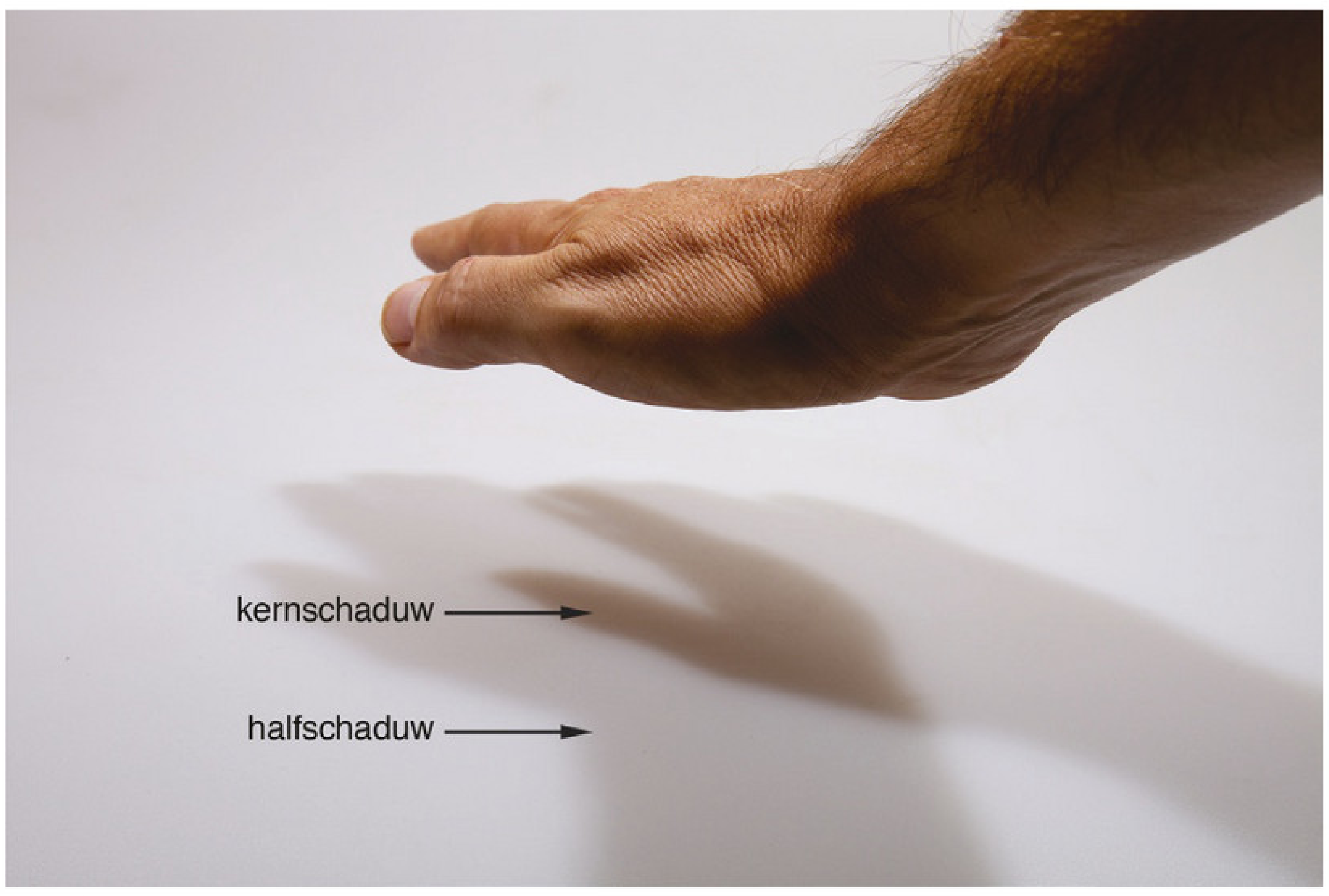


figuur 5 Zo teken je de schaduw van een voorwerp.

KERNSCHADUW EN HALFSCHADUW

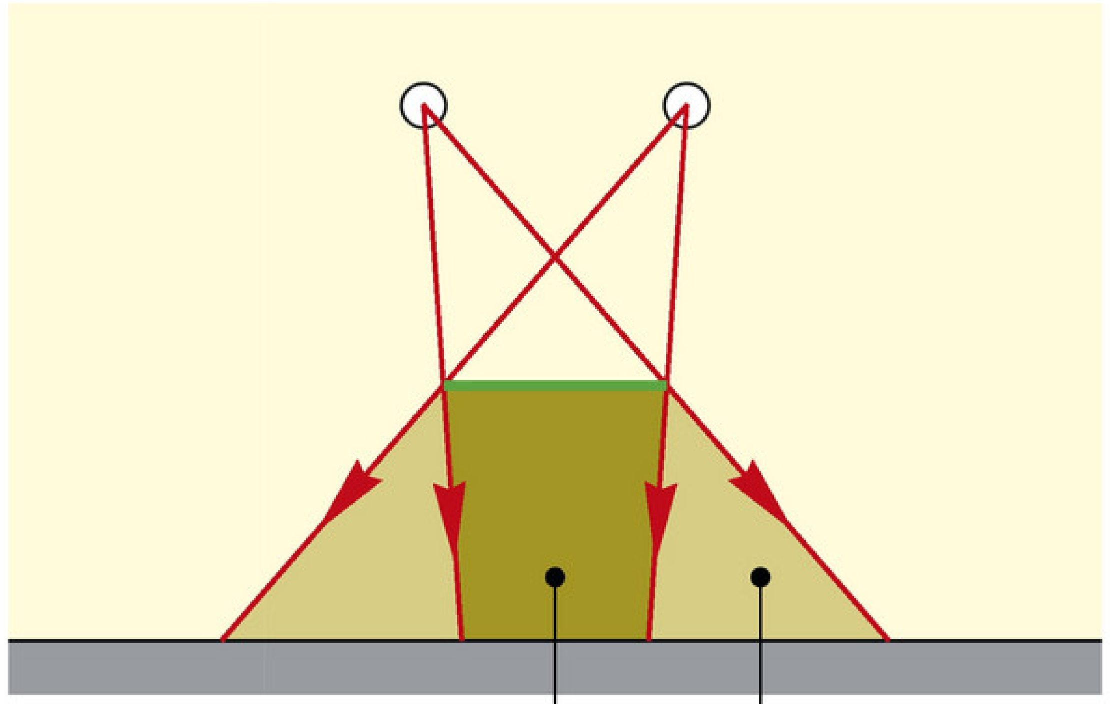
PROEF 1

Als een voorwerp door één klein lamp wordt verlicht, krijg je een duidelijk schaduwbeeld. De overgang van licht naar donker is scherp. Als een voorwerp door twee lampjes wordt verlicht, ontstaan er twee schaduwbeelden (figuur 6).



figuur 6 De schaduw van een hand die door twee lampjes wordt verlicht.

Op de plaats waar die beelden over elkaar heen vallen, is de schaduw het donkerst. Dit noem je de **kernschaduw**. Het licht van de twee lampjes kan hier niet komen.
Links en rechts van de kernschaduw zie je een lichtere **halfschaduw**. Hier kan het licht van het ene lampje wel komen, maar dat van het andere lampje niet. In figuur 7 zie je hoe dit werkt.



figuur 7 Zo ontstaan kernschaduw en halfschaduw.

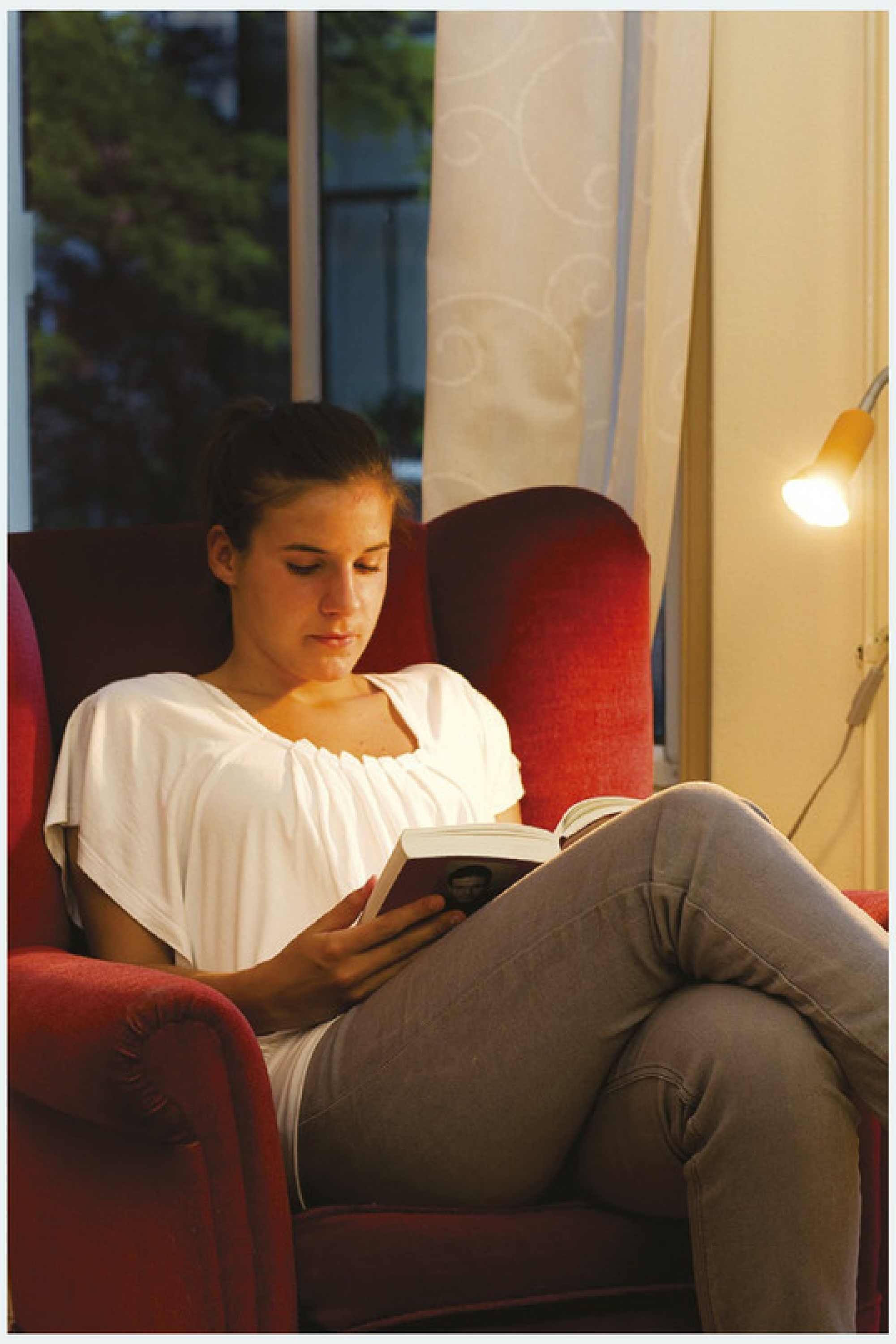
Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

EXTRA DIRECT EN INDIRECT LICHT

De meeste karweitjes doe je binnen, aan een tafel of een werkblad. Het werkvlak moet goed verlicht zijn. Daarvoor worden bij voorkeur lampen gebruikt die direct licht geven. Dat wil zeggen dat het licht rechtstreeks van de lichtbron naar het werkvlak beweegt (figuur 8).

Verlichting wordt veel gebruikt om gezelligheid en sfeer te scheppen. Lampen die direct licht leveren, zijn daarvoor niet geschikt. Direct licht is te ‘hard’ en te zakelijk. Sfeerverlichting moet de hele ruimte ‘zacht’ verlichten, zonder felle lichtplekken en diepe schaduwen. Dat kun je bereiken door indirect licht te gebruiken.

In figuur 9 zie je een lamp die indirect licht levert. Het licht van de lamp schijnt niet rechtstreeks de kamer in, maar wordt op een witte muur gericht. De muur weerkaatst het lamplicht dat erop valt in verschillende richtingen. Het lijkt daardoor alsof de muur één groot lichtgevend vlak is: een indirecte lichtbron.



figuur 8 Direct licht.



figuur 9 Indirect licht.

LEERSTOF

1 Vul in.

a Voorwerpen die zelf licht geven, noem je ....

b Licht beweegt langs .... lijnen.

c .... ontstaat als het licht van een .... wordt tegengehouden.

d Als een voorwerp door .... wordt verlicht, krijg je één duidelijk schaduwbeeld.

e Als een voorwerp door .... wordt verlicht, krijg je twee schaduwbeelden.

2 De meeste dingen die je om je heen ziet, geven zelf geen licht.
Leg uit hoe het kan dat je deze voorwerpen wel kunt zien.

3 Wat betekent ‘diffuse terugkaatsing’?

TOEPASSING

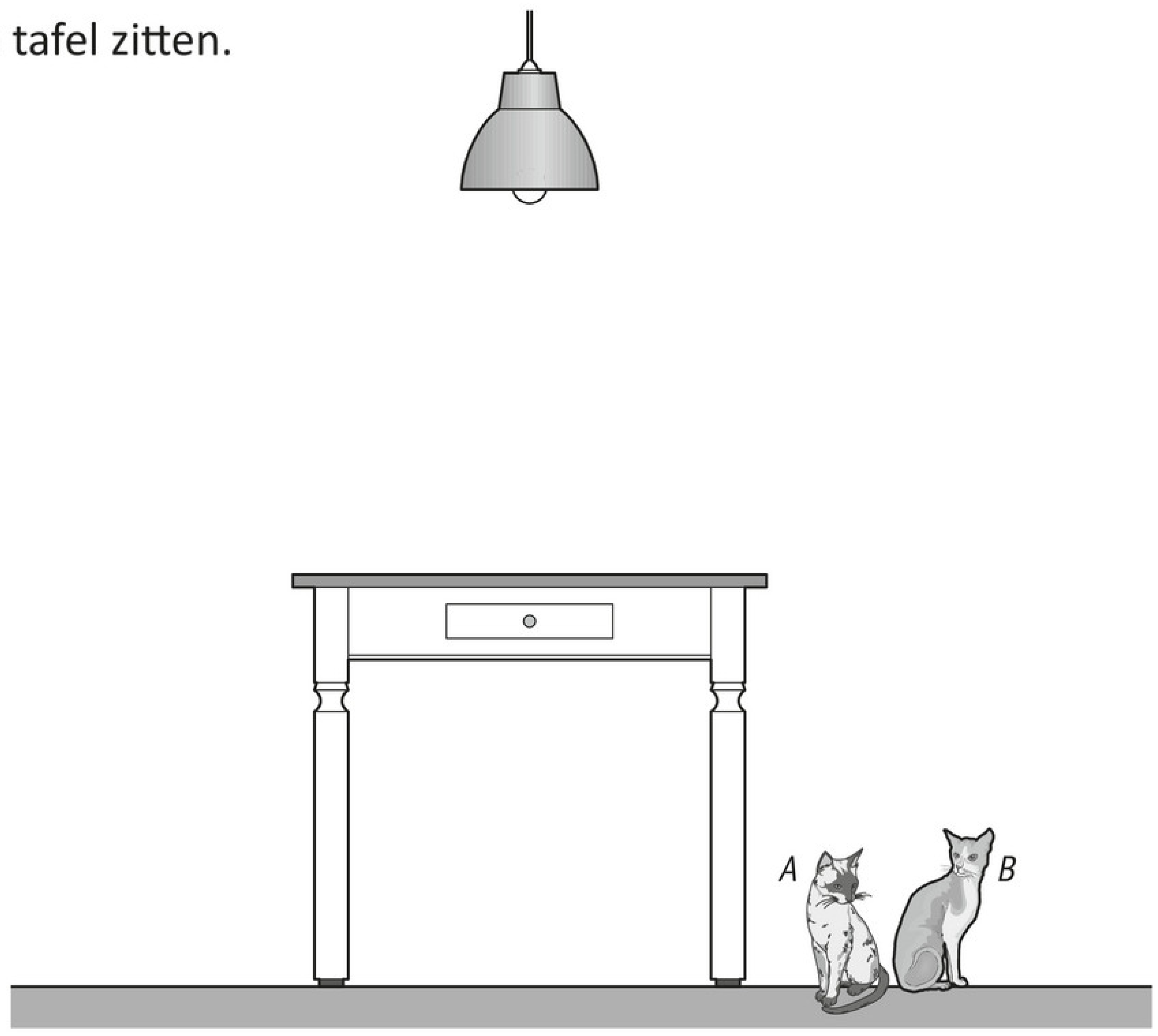
4 Zijn de lichtbronnen natuurlijk of kunstmatig?

a de zon: *natuurlijke* / *kunstmatige* lichtbron
b een theelichtje: *natuurlijke* / *kunstmatige* lichtbron
c een ledlamp: *natuurlijke* / *kunstmatige* lichtbron
d de bliksem: *natuurlijke* / *kunstmatige* lichtbron

5 De maan geeft zelf geen licht. Toch is het bij volle maan behoorlijk licht buiten.
Leg uit hoe dat kan.

6 In figuur 10 zie je twee katten die naast een tafel zitten.

a Teken de schaduw van de tafel.
b Kan kat A de lamp zien?
c Kan kat B de lamp zien?



figuur 10 In het licht of in de schaduw?

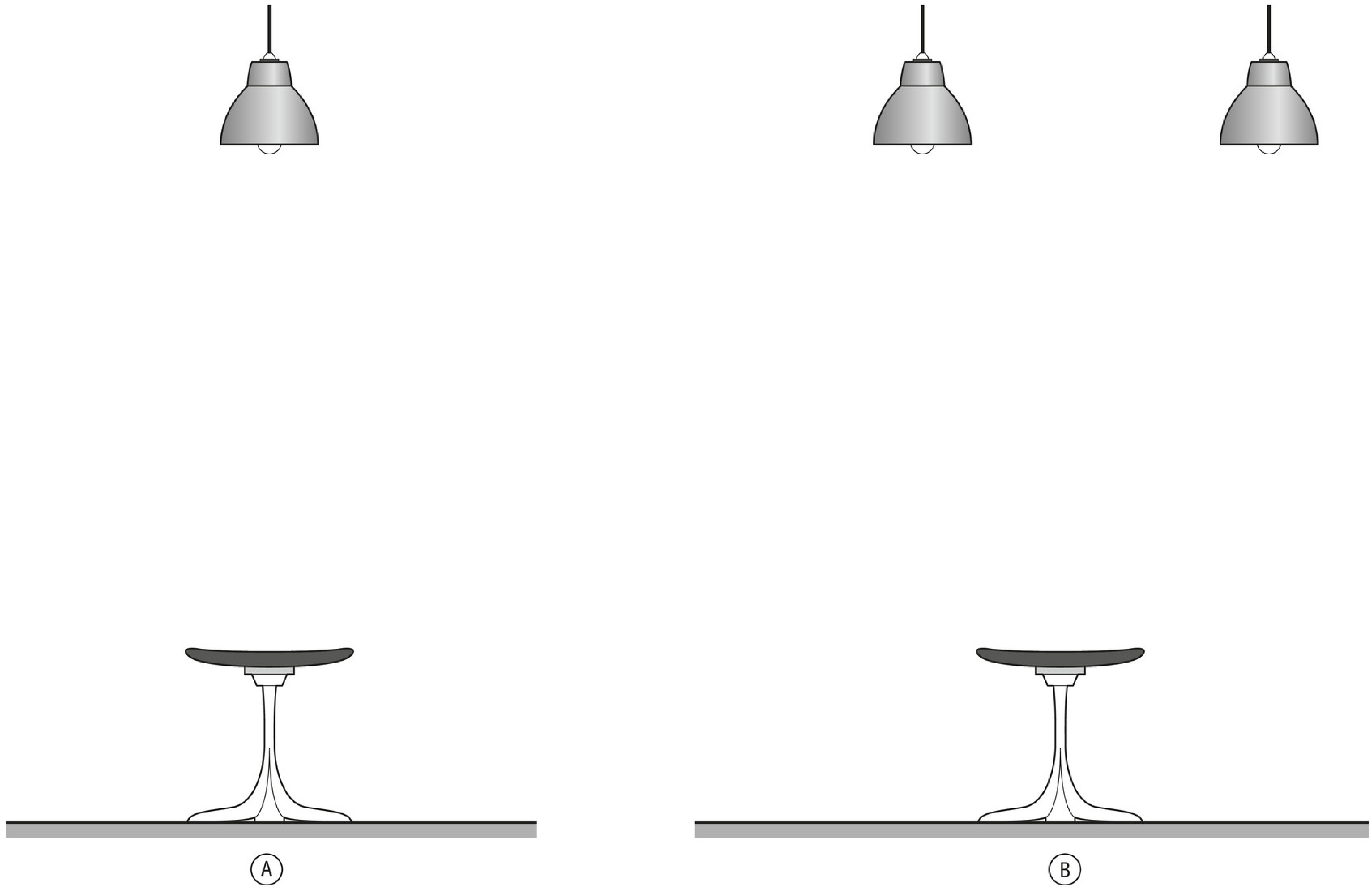
7 Bekijk de twee krukjes in figuur 11.

a Teken de schaduw van krukje A.

b Teken de twee schaduwen van krukje B.

c Geef in beide tekeningen duidelijk aan wat de kernschaduw is en wat de halfschaduw is.

figuur 11 Hoe zien de schaduwen eruit?



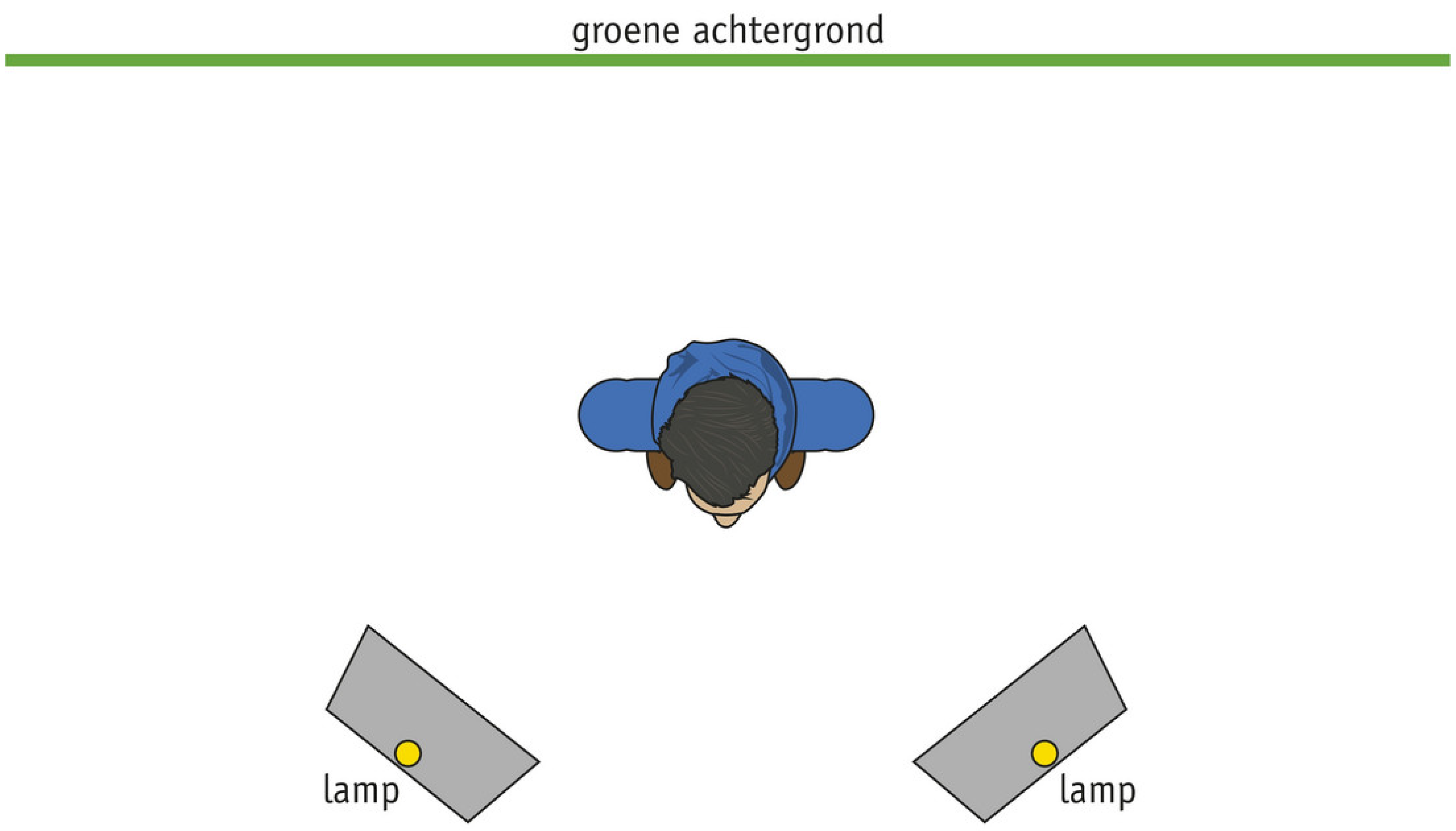
8 In de film- en tv-wereld worden soms een *green screen* gebruikt. Dit is een groene achtergrond die je achteraf met de computer kunt veranderen in een totaal andere achtergrond, bijvoorbeeld een tropisch strand of de binnenkant van een ruimteschip. Je kunt zelf ook een *greenscreen*-opstelling maken zoals in figuur 12. Het is belangrijk dat de persoon voor de camera goed verlicht wordt en dat er geen harde schaduw op de groene achtergrond valt.



figuur 12 Een opstelling met een *green screen*.

a Teken de schaduwen van de persoon in het bovenaanzicht in figuur 13.

b Leg uit dat er geen harde schaduw van de persoon op de achtergrond valt.

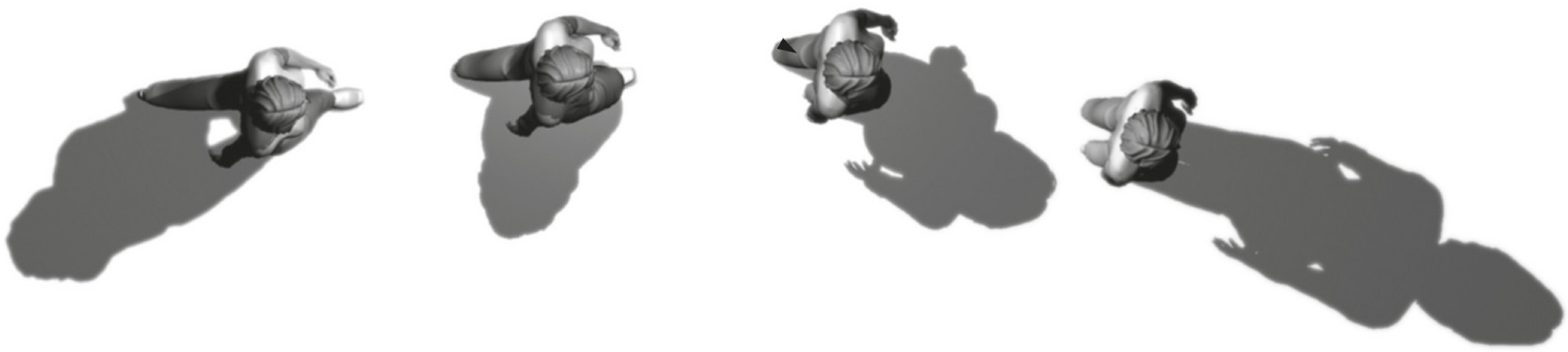


figuur 13 Bovenaanzicht van een *greenscreen*-opstelling.

★ 9 Ingrid loopt ’s avonds langs een straatlantaarn. In figuur 14 zie je Ingrid op vier verschillende momenten. Op ieder moment is ook haar schaduw zichtbaar.

a Geef bij elke schaduw aan (met een dunne lijn) uit welke richting het licht komt.

b Geef met een dikke stip aan waar de lamp van de straatlantaarn zich bevindt.



figuur 14 Waar staat de straatlantaarn?

10 Het werkblad van een keuken moet goed verlicht zijn. Als je vlees in kleine stukjes snijdt of een ui snippert, moet je goed kunnen zien wat je doet.

a Leg uit waarom het werkblad gelijkmatig verlicht moet zijn (zonder grote verschillen tussen het felle licht en de diepe schaduw).

b Leg uit waarom een tl-buis een geschikte lichtbron is voor zo'n werkblad (veel beter dan een sterke ledlamp die evenveel licht geeft).

Test je kennis met de *Test jezelf*.

EXTRA DIRECT EN INDIRECT LICHT

11 Er zijn verschillende soorten licht.

a Waarom zijn lampen die direct licht geven niet geschikt om gezelligheid en sfeer te scheppen?

b Wat voor soort licht krijg je als je een lamp richt op een witte muur of een wit plafond?

c Hoe komt het dat mensen dit soort licht als 'zacht' ervaren? Wat geeft dat woord 'zacht' aan?

12 In figuur 15 zie je twee portretfoto's. De fotograaf heeft bij beide foto's gebruikgemaakt van flitslicht.

a Op welke portretfoto is erg 'hard' licht gebruikt?
Op de *linker* / *rechter* foto.

b Waaraan zie je dat het licht op deze foto 'hard' is?

c Waaraan zie je dat het licht op de andere foto 'zacht' is?

d Leg uit waarom fotografen er vaak voor kiezen om 'via het plafond te flitsen' in plaats van rechtstreeks.



figuur 15 Twee portretfoto's.

2 Spiegelbeelden

LEERDOELEN

6.2.1 Je kunt uitleggen wat een spiegelbeeld is.
6.2.2 Je kunt de spiegelwet uitleggen.
6.2.3 Je kunt met de spiegelwet tekenen hoe een lichtstraal door de spiegel teruggekaatst wordt.
6.2.4 Je kunt met de spiegelwet verklaren hoe spiegelbeelden ontstaan.
EXTRA 6.2.5 Je kunt uitleggen waarom je een bolle spiegel gebruikt.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN				
	6.2.1	6.2.2	6.2.3	6.2.4	6.2.5
Onthouden	1ab	1cdef	2		14a
Begrijpen	3, 4ab, 8ab-cde		7b, 9b		13b, 14bcd
Toepassen			5ab, 6abc, 7a, 9a	10ab, 11b	13a
Analyseren			11a	12	

Als zonlicht op een vel wit papier of op een spiegel valt, wordt het teruggekaatst. Bij het vel papier is die terugkaatsing diffuus: het weerkaatste zonlicht beweegt alle kanten op. Bij een spiegel wordt het licht juist heel gericht teruggekaatst.

SPIEGELBEELDEN BEKIJKEN

PROEF 2

In een spiegel zie je een levensecht beeld van je eigen wereld. Het **spiegelbeeld** heeft zelfs diepte: het lijkt echt achter de spiegel te liggen. Kijk maar eens naar je hand als je een spiegel vasthoudt, en dan naar het beeld van je gezicht. Je voelt dat je ogen zich steeds anders moeten instellen. Het spiegelbeeld is verder weg dan je hand. Een spiegel weerkaatst het licht heel gericht. Dit is **spiegelende terugkaatsing**.



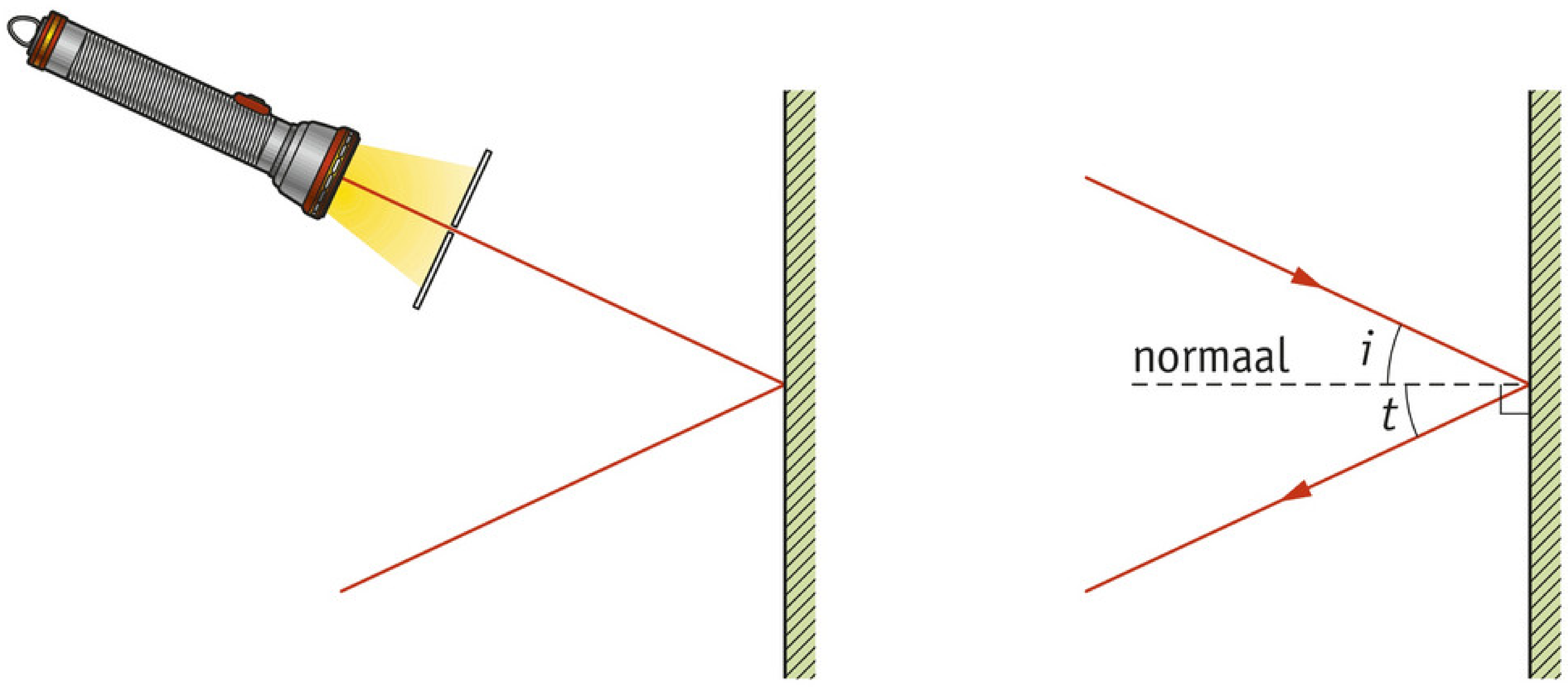
figuur 1 Spiegelschrift ziet er gewoon uit als je het via een (binnen)spiegel bekijkt.

De spiegelwereld verschilt op één belangrijk punt van de wereld voor de spiegel. Dat merk je meteen als je tekst bekijkt via een spiegel. Je ziet de tekst dan in spiegelschrift (figuur 1).

DE SPIEGELWET

PROEF 3

In figuur 2 zie je hoe een vlakke spiegel een smalle lichtbundel terugkaatst. Je kunt zo'n lichtbundel tekenen als één lichtstraal.



figuur 2 De spiegelwet: $\angle i = \angle t$.

Op de plaats waar de lichtstraal de spiegel raakt, is een lijn getekend die loodrecht op de spiegel staat: de **normaal**. De hoek tussen de invallende lichtstraal en de normaal heet de **hoek van inval** (∠ *i*). De hoek tussen de teruggekaatste lichtstraal en de normaal heet de **hoek van terugkaatsing** (∠ *t*).

Bij terugkaatsing door een vlakke spiegel geldt altijd:

hoek van inval = hoek van terugkaatsing

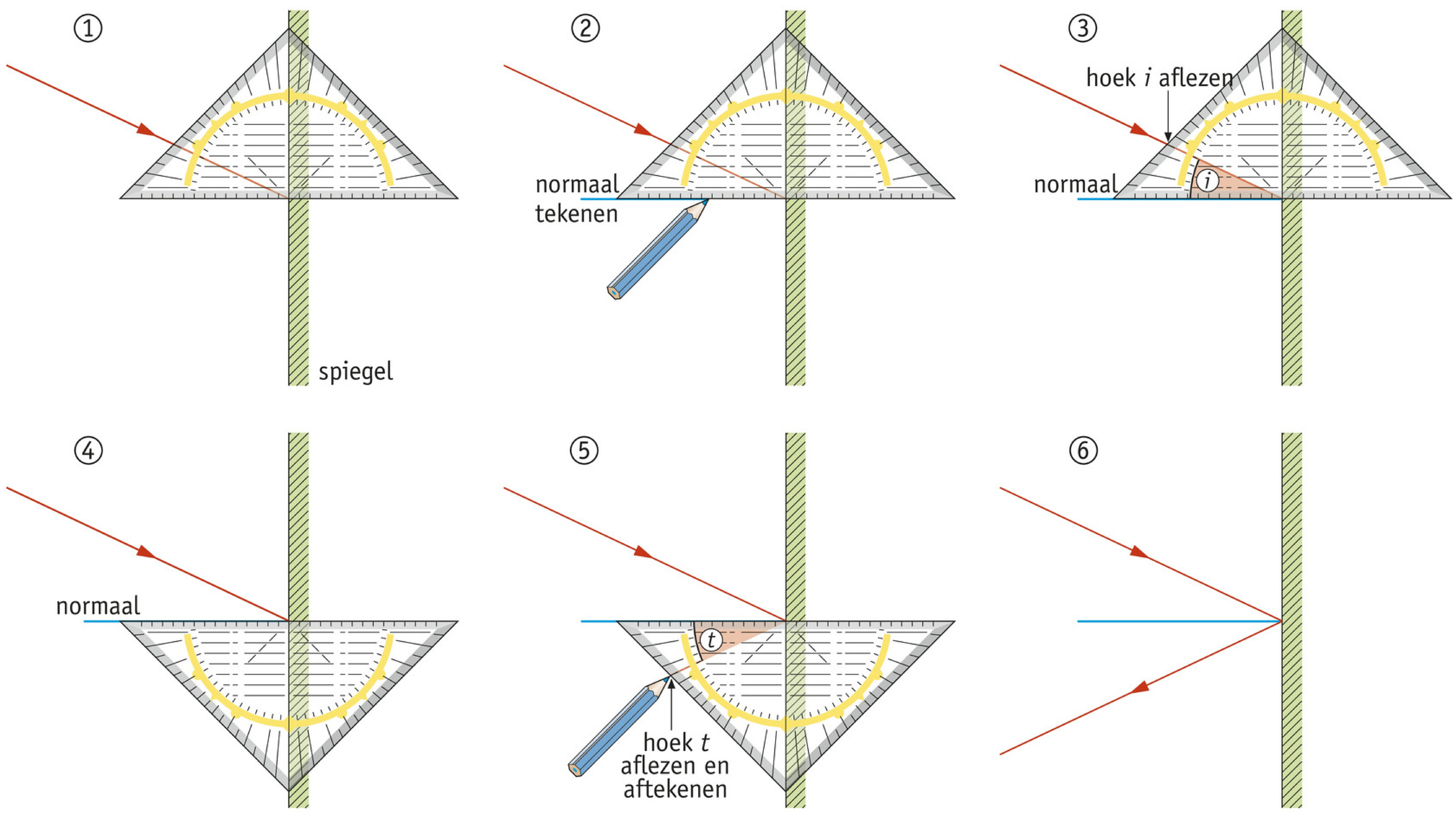
Deze regel wordt de **spiegelwet** genoemd (figuur 2).

DE TERUGGEKAATSTE LICHTSTRAAL TEKENEN

Met de spiegelwet kun je tekenen hoe een lichtstraal door de spiegel teruggekaatst wordt:

1 Leg je geodriehoek neer zoals in de tekening in figuur 3.
2 Teken de normaal. De normaal staat altijd loodrecht op het vlak van inval (de spiegel).
3 Lees de grootte van de hoek van inval af.
4 Leg je geodriehoek nu langs de andere kant van de normaal.
5 Geef de hoek van terugkaatsing aan.
6 Teken de teruggekaatste lichtstraal.

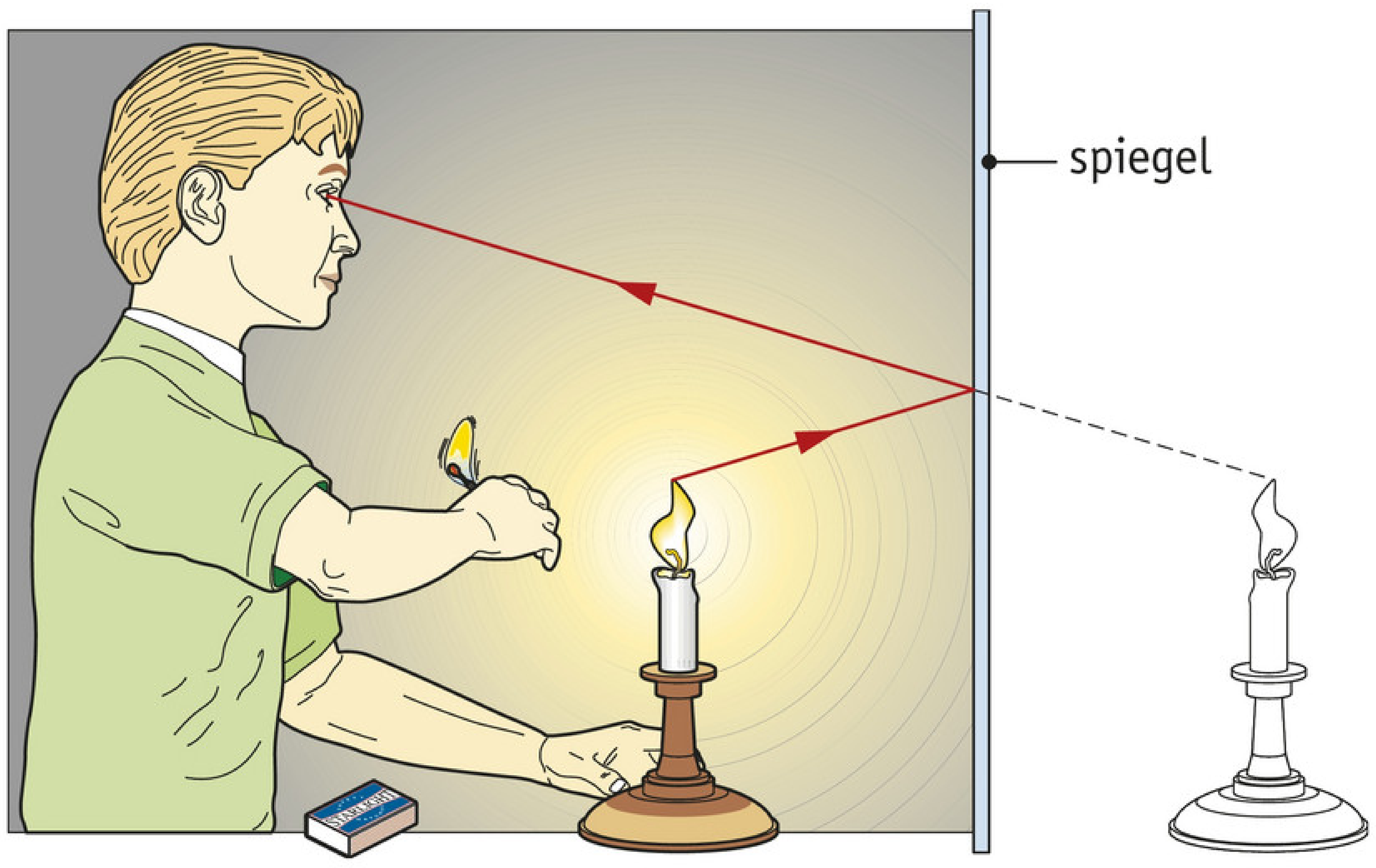
figuur 3 Zo kun je tekenen hoe een lichtstraal wordt teruggekaatst.



SPIEGELBEELDEN EN DE SPIEGELWET

PROEF 4

Met de spiegelwet kun je ook verklaren hoe spiegelbeelden ontstaan. Als je een brandende kaars voor een spiegel zet, valt er licht op de spiegel. Dit licht wordt door de spiegel teruggekaatst volgens de spiegelwet. Maar voor iemand die in de spiegel kijkt, lijkt het licht van achter de spiegel te komen (figuur 4).



figuur 4 Het spiegelbeeld van de kaars lijkt achter de spiegel te staan.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

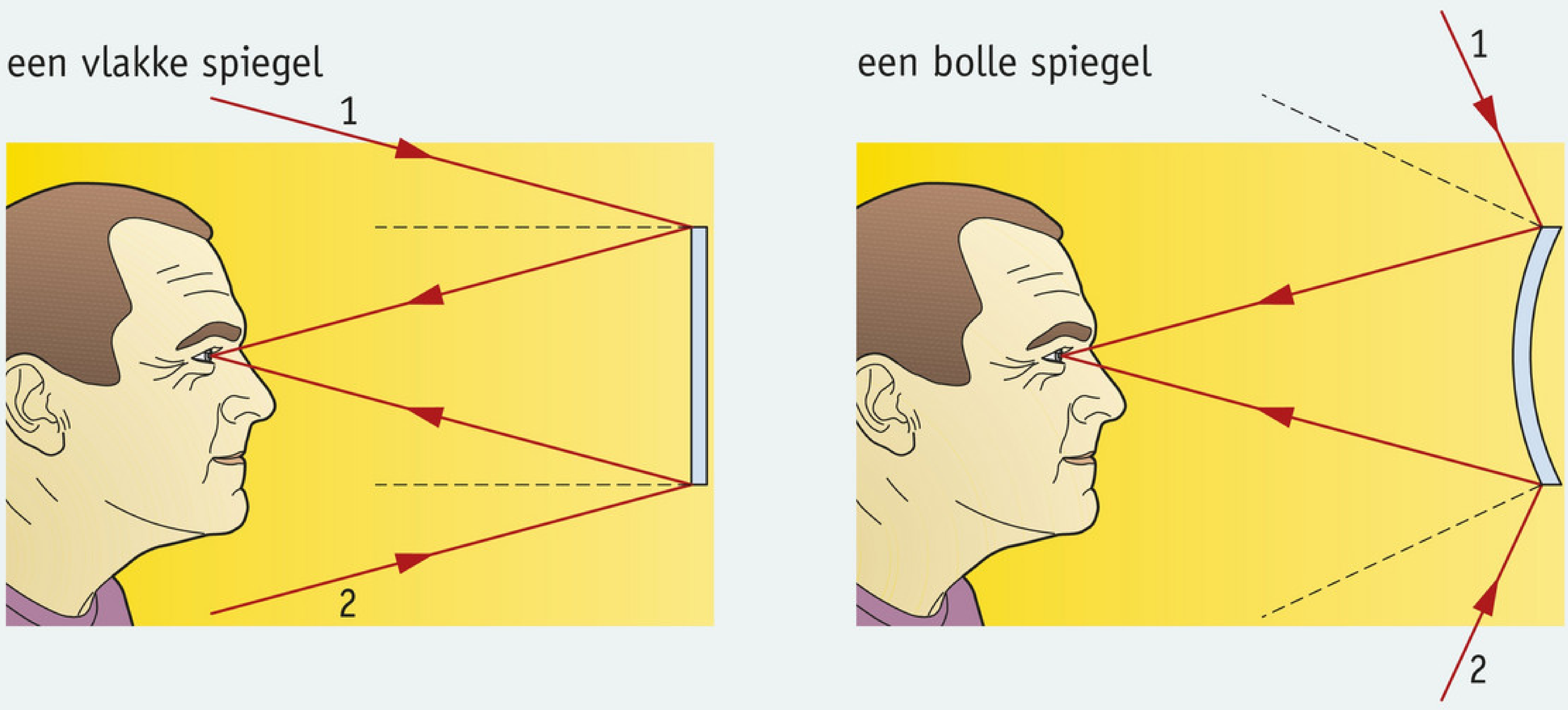
EXTRA BOLLE SPIEGELS

Als je via een spiegel een zo groot mogelijk gebied wilt overzien, moet je een bolle spiegel gebruiken (figuur 5). Bolle spiegels vind je bijvoorbeeld in auto's (als zijspiegels), in winkels en op onoverzichtelijke kruispunten.



figuur 5 Een bolle spiegel.

In een bolle spiegel zie je de dingen verkleind: het beeld van het voorwerp is kleiner dan het voorwerp zelf. Bij een vlakke spiegel is het beeld even groot als het voorwerp. Dat ziet er natuurlijker uit. Je gezichtsveld in een vlakke spiegel is wel kleiner. Het gezichtsveld is het gebied tussen de uiterste lichtstralen die je oog kunnen bereiken (1 en 2 in figuur 6). Via een bolle spiegel zie je dus meer van de omgeving. Je kunt dat zelf nagaan door het gebied te tekenen dat je via een vlakke en via een bolle spiegel kunt overzien (figuur 6).



figuur 6 Het gezichtsveld van een vlakke (links) en een bolle spiegel (rechts).

LEERSTOF

1 Vul in.

a Het spiegelbeeld van een voorwerp lijkt .... de spiegel te liggen.

b Als je tekst bekijkt via een spiegel, zie je de tekst in ....

c De hoek van inval is de hoek tussen de .... lichtstraal en de ....

d De hoek van .... is de hoek tussen de teruggekaatste lichtstraal en de ....

e Bij terugkaatsing door een spiegel geldt: de .... is gelijk aan de ....

f De normaal staat altijd .... op het vlak van inval (spiegel).

2 Hoe en waarmee moet je de normaal tekenen als een lichtstraal een spiegel raakt?

TOEPASSING

3 Op de achterkant van Jannekes T-shirt staat dezelfde tekst als op de voorkant (figuur 7). Teken hoe Janneke de letters N O V A in de spiegel ziet.



figuur 7 Wat ziet Janneke?

4 De hoofdletter A ziet er in spiegelschrift hetzelfde uit als in normaal schrift.

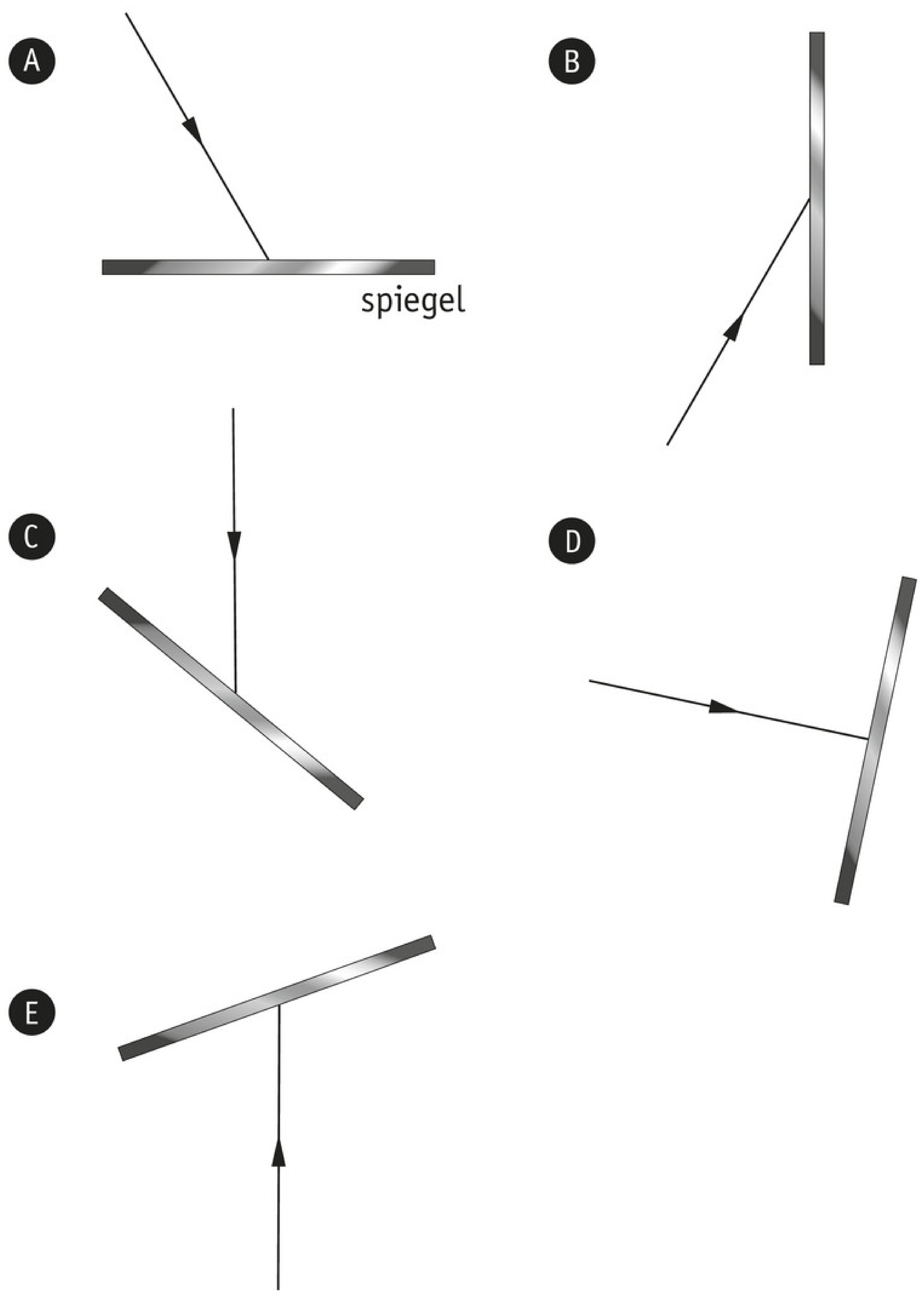
a Schrijf nog vijf hoofdletters op die er in spiegelschrift hetzelfde uitzien als in normaal schrift.

b Welke naam krijg je als je de letters ‘MOT’ spiegelt?

5 Teken in figuur 8a tot en met 8e:

a de normaal op de juiste plaats;

b de teruggekaatste lichtstraal.



figuur 8 Hoe wordt de lichtstraal teruggekaatst?

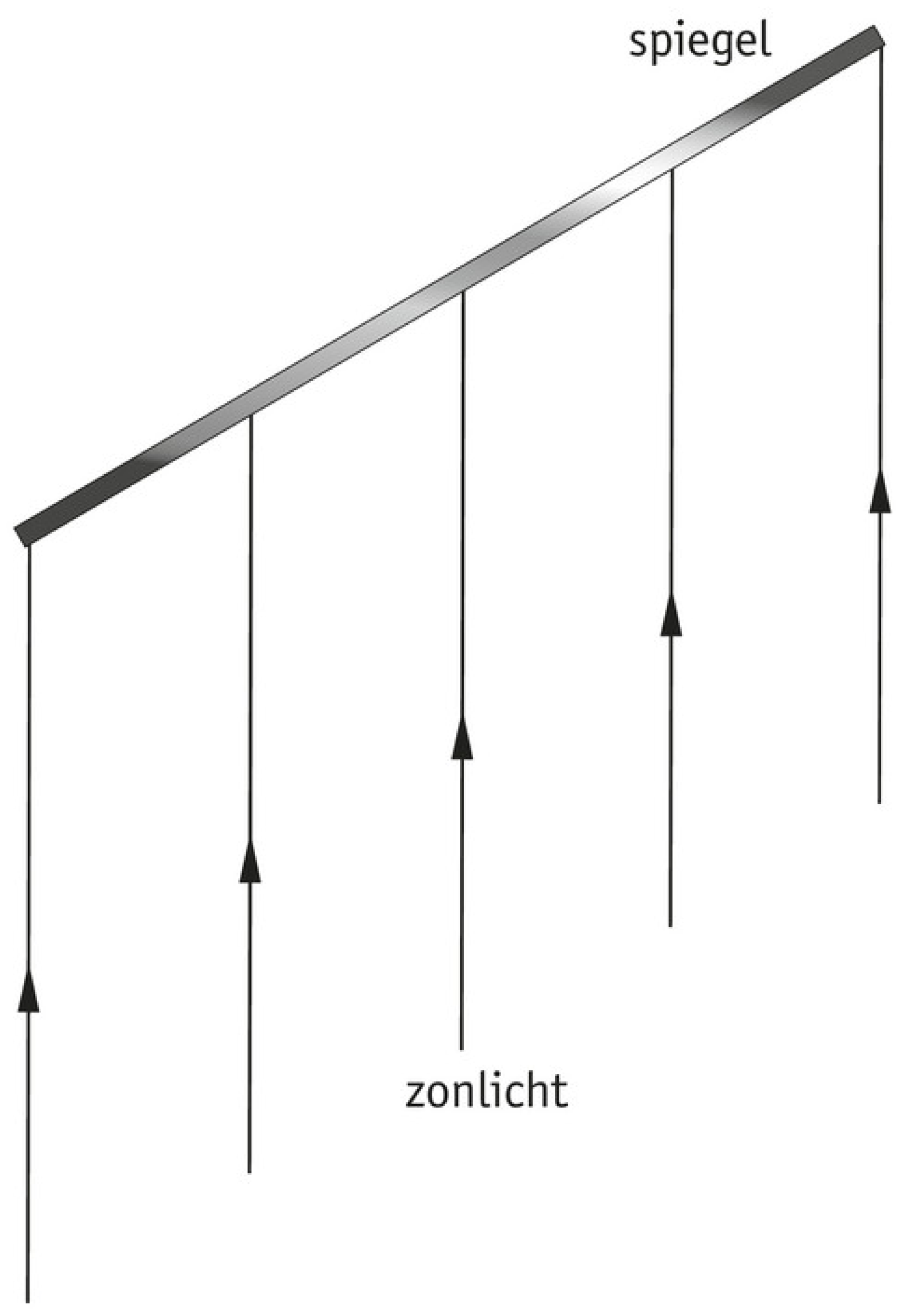
6 Op de spiegel in figuur 9 valt een bundel zonlicht.

a Teken een normaal op de plaats waar één van de lichtstralen de spiegel raakt.

b Meet de hoek van inval.

De hoek van inval is .... graden.

c Teken hoe de bundel zonlicht teruggekaatst wordt.

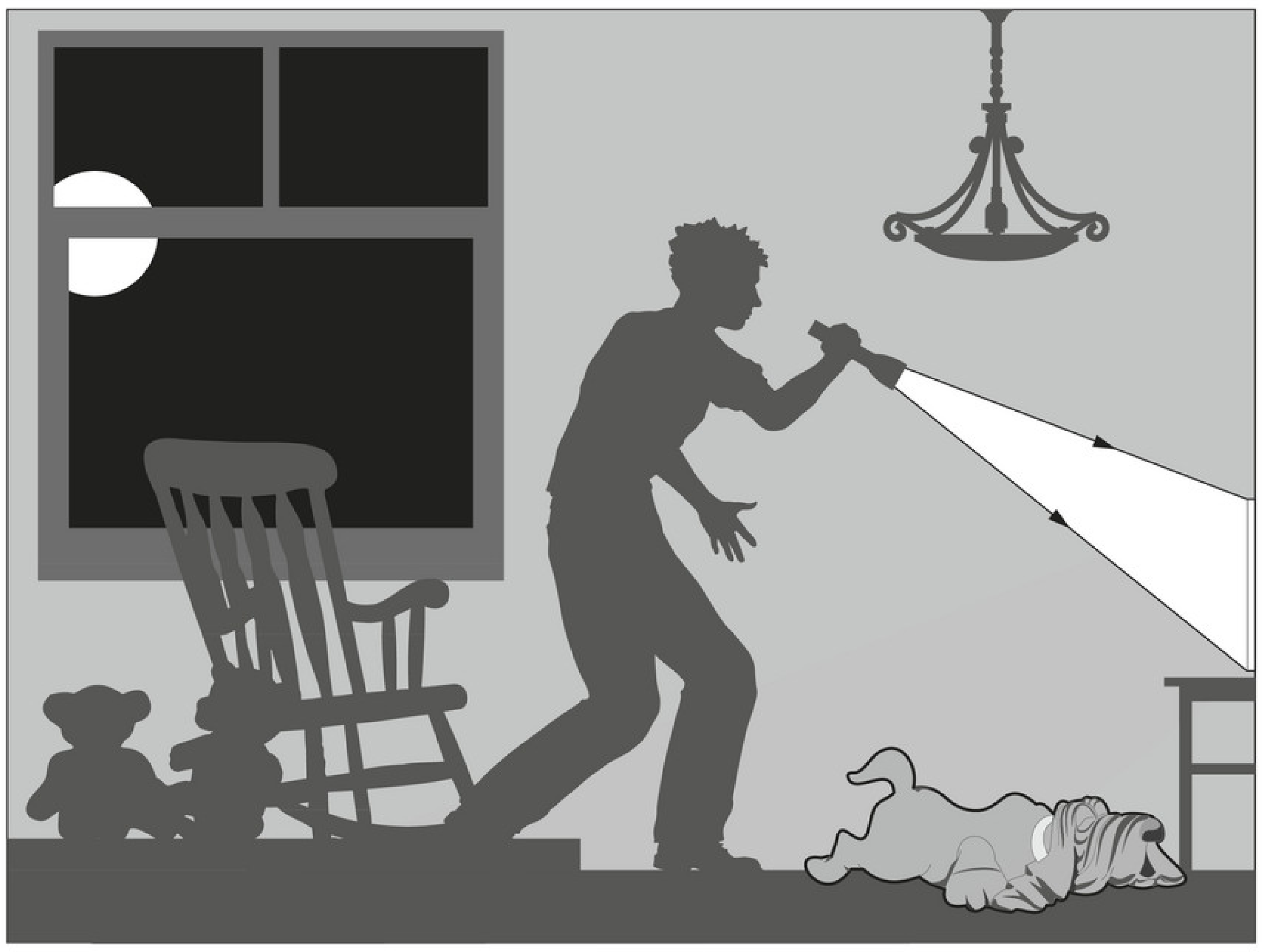


figuur 9 Zonlicht terugkaatsen.

7 Op een spiegel valt een lichtbundel uit een zaklantaarn (figuur 10).

a Teken hoe de lichtstraal wordt teruggekaatst.

b Zou het weerkaatste licht de slapende hond wakker kunnen maken?



figuur 10 Kent deze inbreker de spiegelwet?

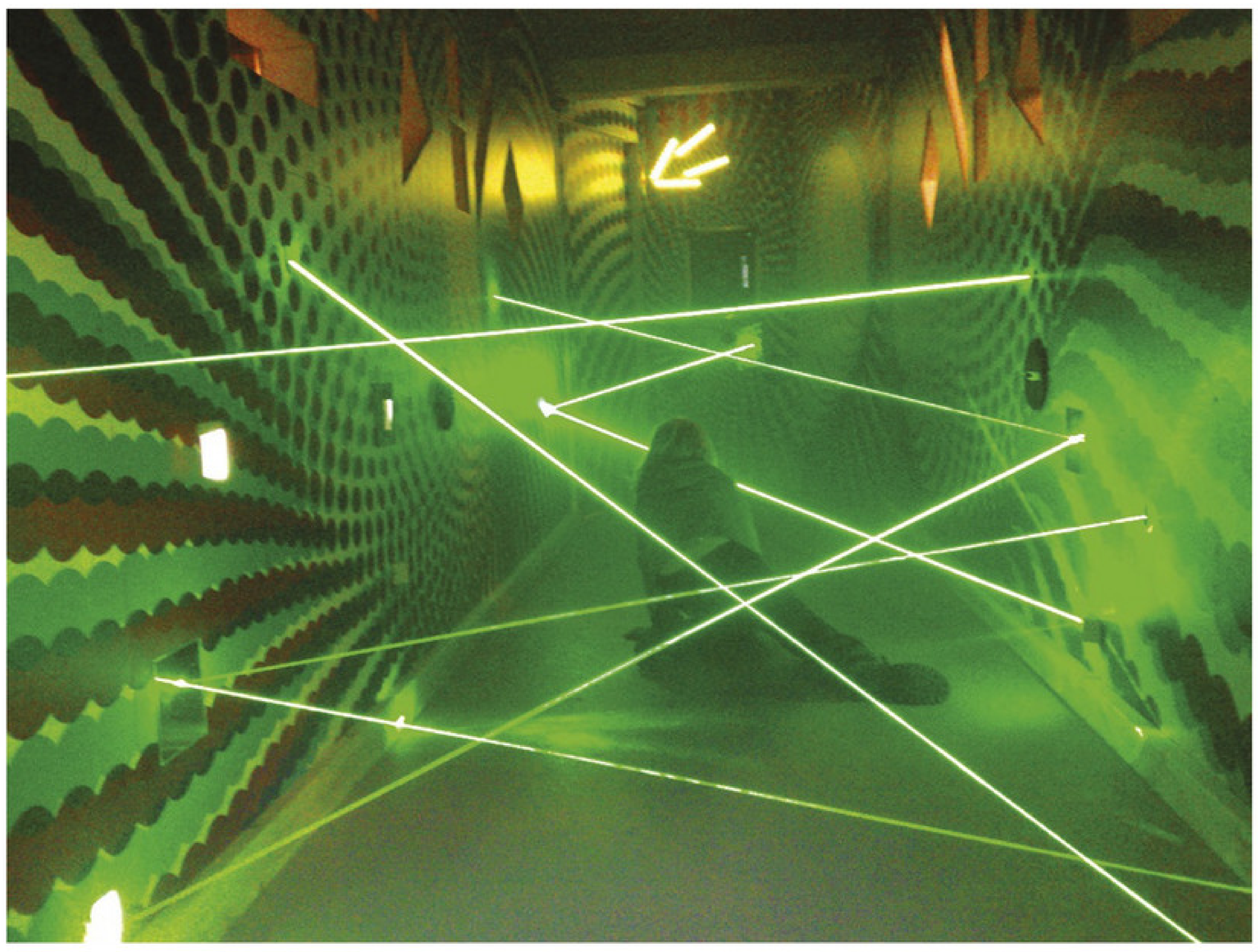
8 Hoe wordt het licht teruggekaatst?

a	door de stoeptegels van een schoolplein	*diffuus / spiegelend*
b	door een etalageruit waar je jezelf in ziet staan	*diffuus / spiegelend*
c	door de glimmende stalen uitlaat van een nieuwe scooter	*diffuus / spiegelend*
d	door de totaal verroeste stalen uitlaat van een oude bromfiets	*diffuus / spiegelend*
e	door een volkomen gladde en rimpelloze vijver	*diffuus / spiegelend*

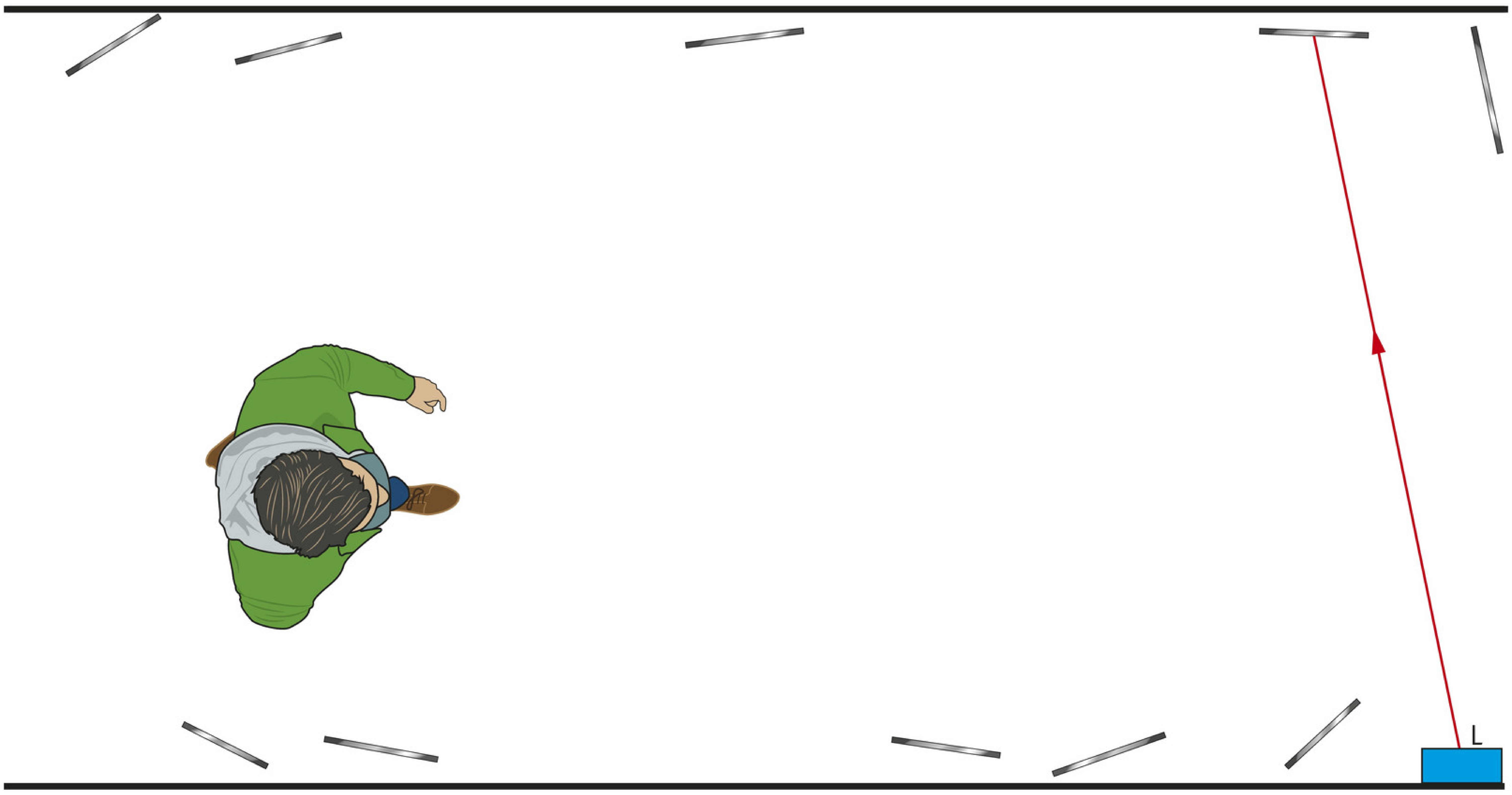
9 Robin probeert door een laserdoolhof heen te komen (figuur 11). De laserstraal wordt steeds weerkaatst door spiegeltjes. Het is de bedoeling dat Robin de laserstraal niet onderbreekt. Gebeurt dit wel, dan gaat een alarm af. In figuur 12 zie je Robin van bovenaf in het laserdoolhof.

a Teken hoe de laserstraal verdergaat. De laserstraal begint in punt L.

b Gaat het alarm af?



figuur 11 In een laserdoolhof moet je goed je evenwicht kunnen houden.

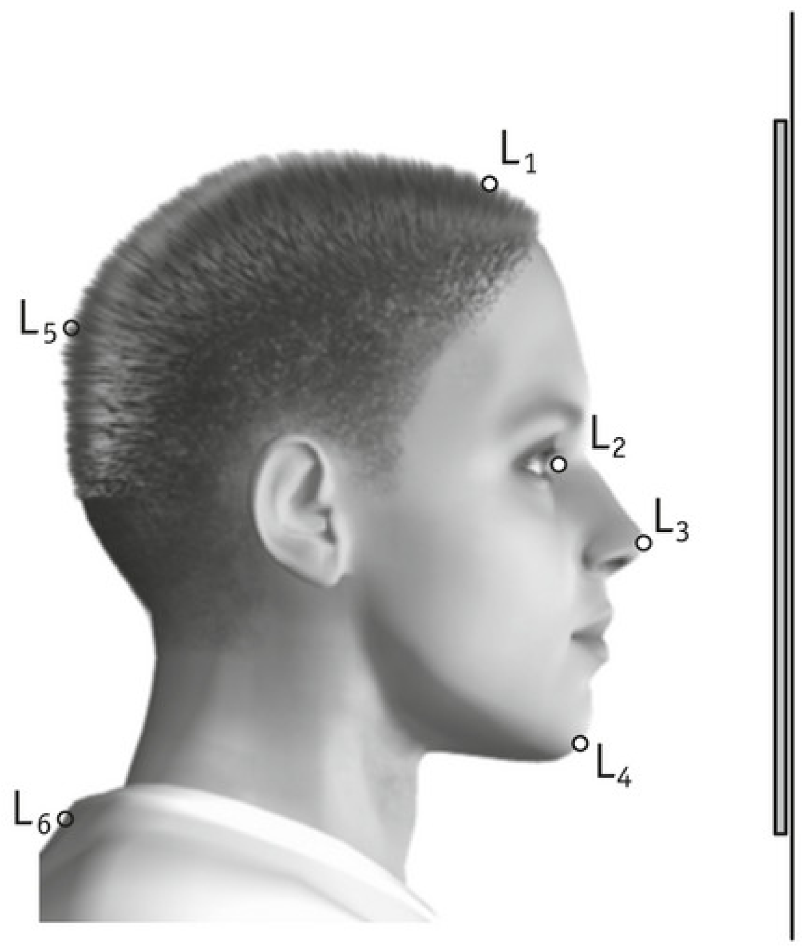


figuur 12 Gaat het alarm af?

10 Hans bekijkt zichzelf in een spiegel (figuur 13).

a Teken het spiegelbeeld:
- van het topje van zijn hoofd (L_1) en noem dit B_1;
- van zijn rechteroog (L_2) en noem dit B_2;
- van het puntje van zijn neus (L_3) en noem dit B_3;
- van zijn kin (L_4) en noem dit B_4;
- van de achterkant van zijn hoofd (L_5) en noem dit B_5;
- van de kraag (L_6) en noem dit B_6.

b Teken daarna het spiegelbeeld van zijn complete gezicht.



figuur 13 Hans en zijn spiegelbeeld.

11 Onderzeeboten hebben een ‘periscoop’ (figuur 14). Dit is een lange buis met aan bovenkant en onderkant een spiegel. Hiermee kun je vanuit de onderzeeboot boven water kijken. In figuur 15 staat een schematische tekening van de periscoop met een lichtstraal die door de periscoop gaat.

a Teken de twee spiegels in figuur 15, zodat de lichtstraal op de juiste manier wordt weerkaatst.

b Leg uit waarom het beeld dat je onder in de onderzeeboot ziet, niet in spiegelbeeld staat.

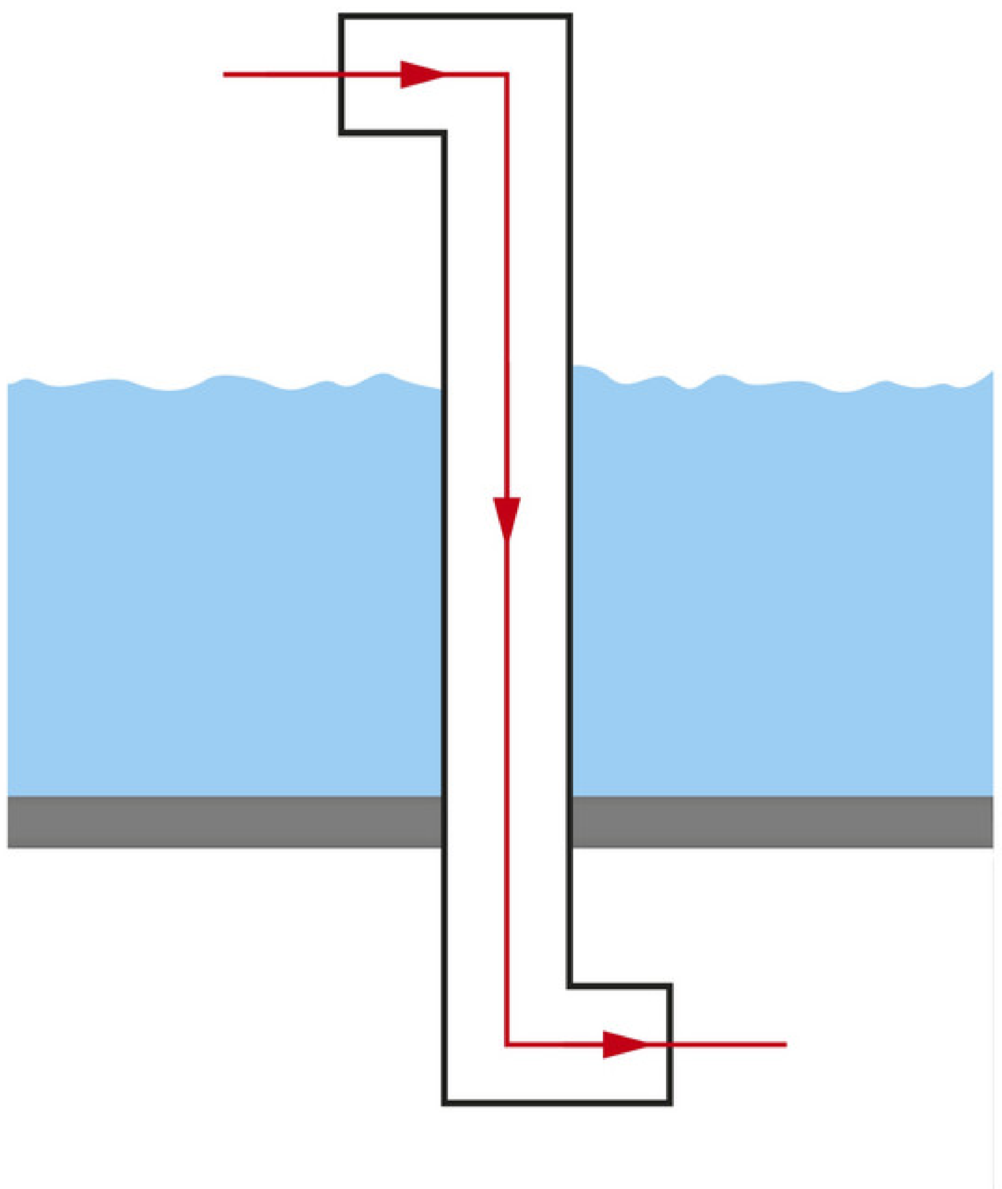
figuur 14 Periscoop in een onderzeeboot (a) en een periscoop boven water (b).



(a)

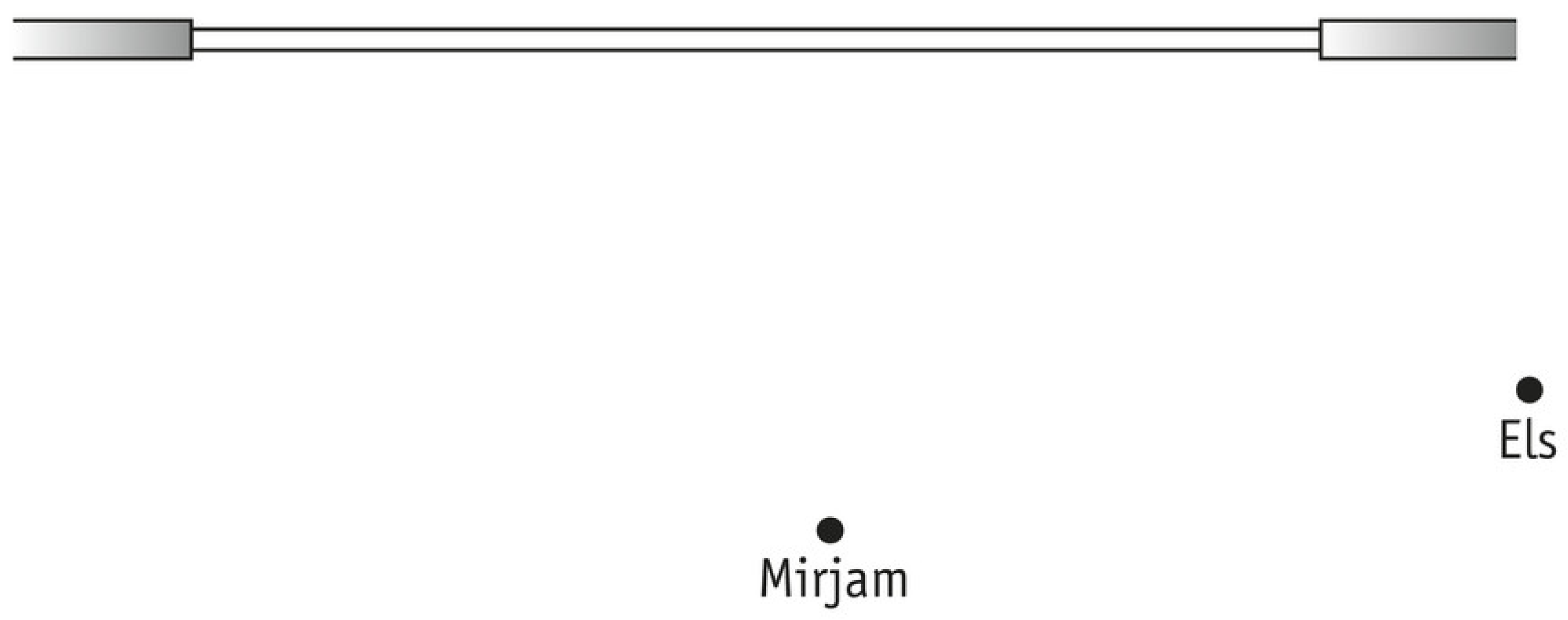


(b)



figuur 15 Lichtstraal door een periscoop.

★ **12** Mirjam en Els staan voor een grote spiegelende etalageruit. Dit is in figuur 16 in bovenaanzicht getekend.
Maak met een nauwkeurige tekening duidelijk of ze elkaar via de ruit kunnen zien. Leg je antwoord uit. Tip: teken eerst het spiegelbeeld van Mirjam en Els.



figuur 16 Mirjam en Els voor een spiegelende etalageruit.

Test je kennis met de *Test jezelf*.

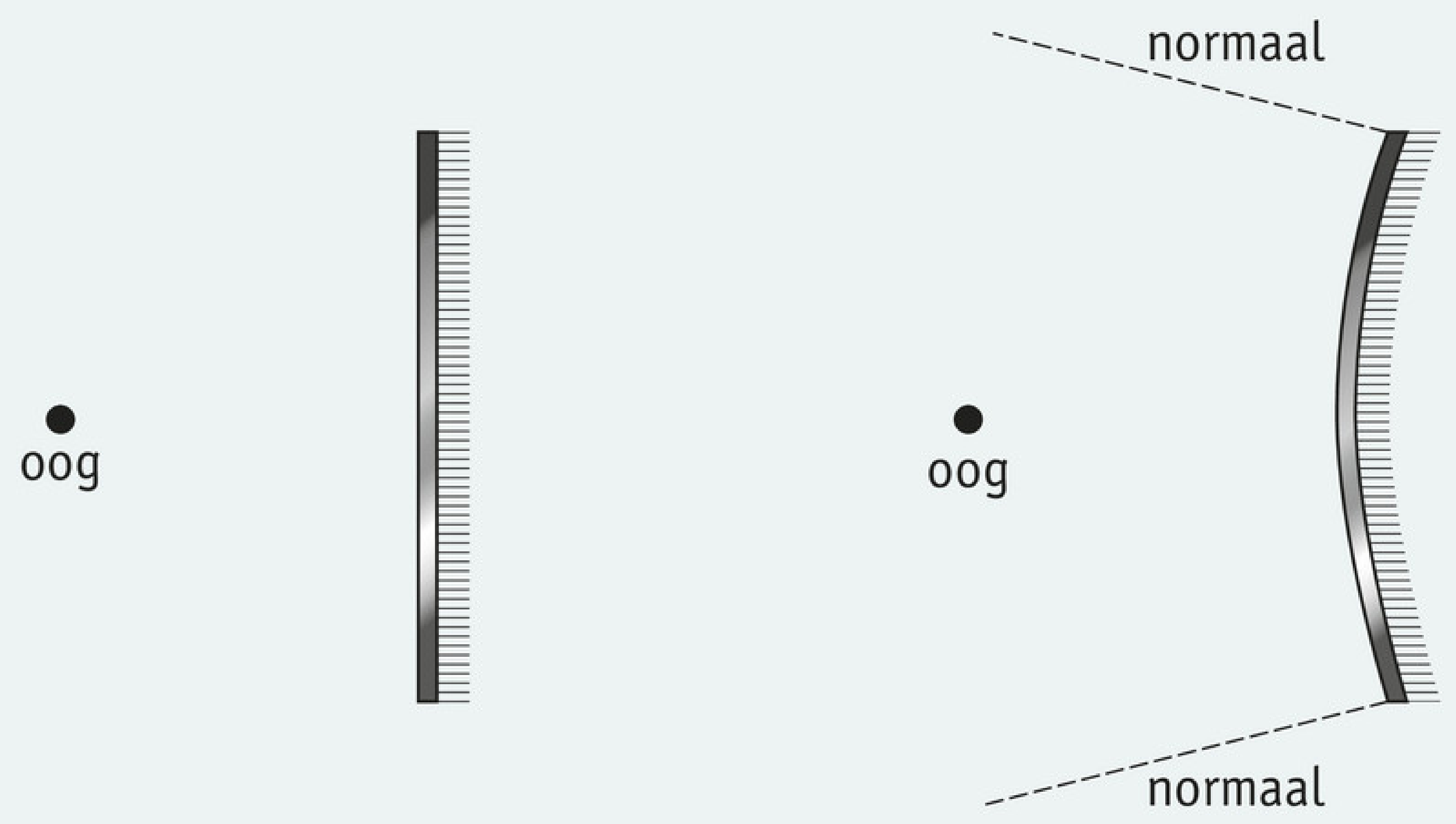
EXTRA BOLLE SPIEGELS

13 In figuur 17 zijn twee spiegels getekend: een vlakke en een bolle.

a Teken het gezichtsveld van de twee spiegels.

b Met welke spiegel kun je:

- het grootste gebied overzien? met een *bolle* / *vlakke* spiegel
- het minst grote gebied overzien? met een *bolle* / *vlakke* spiegel



figuur 17 Het gezichtsveld van twee spiegels.

14 Bekijk de spiegel in figuur 18.

a Waaraan zie je dat dit een bolle spiegel is?

b Waarom is de spiegel op deze plaats neergezet?

c Waarom is er voor een bolle spiegel gekozen en niet voor een gewone vlakke spiegel?

d Waar worden bolle spiegels in het verkeer nog meer voor gebruikt?



figuur 18 Een verkeersspiegel.

3 Licht en kleur

LEERDOELEN

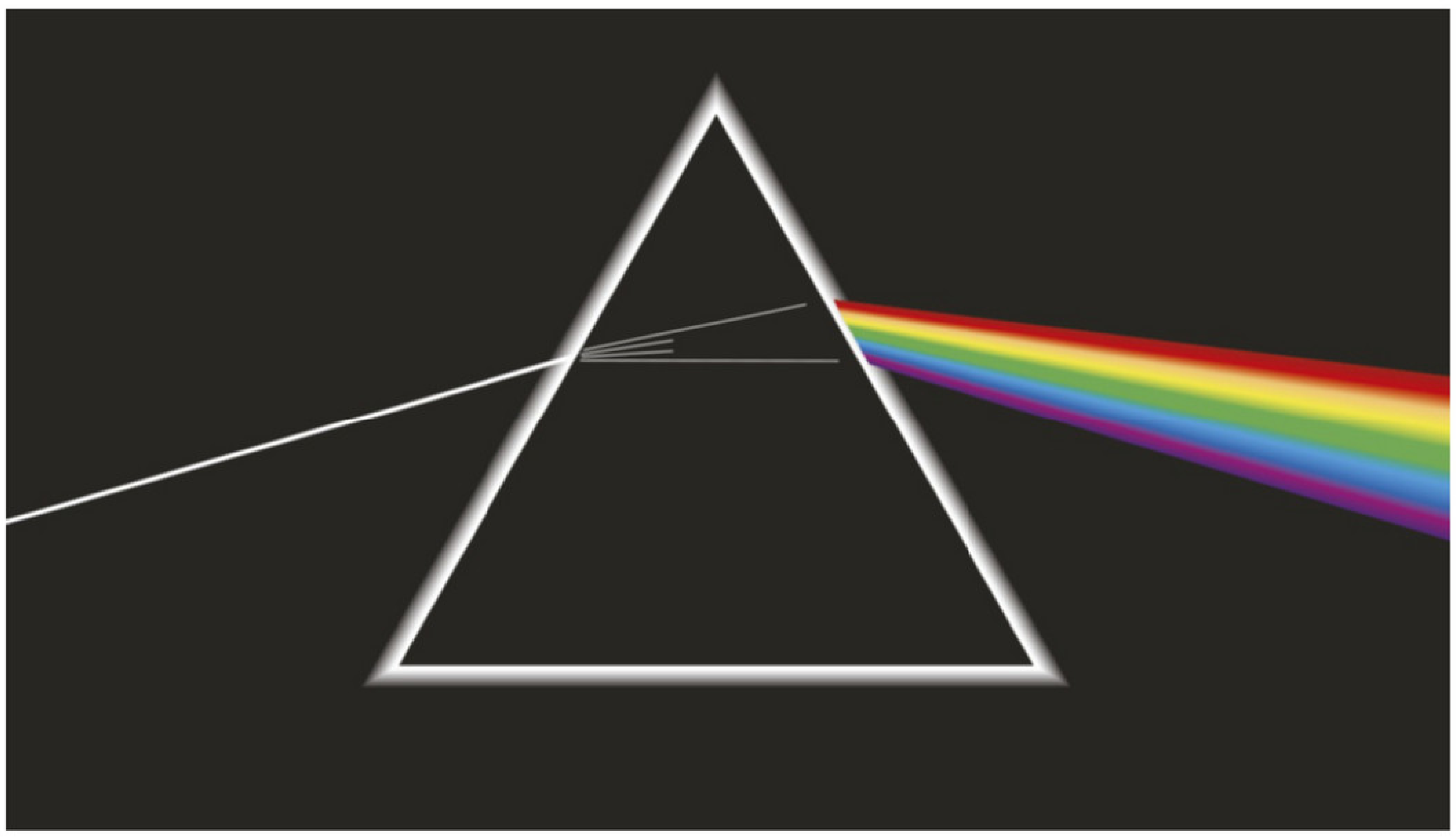
6.3.1 Je kunt uitleggen wat een spectrum is en hoe je een spectrum zichtbaar maakt.
6.3.2 Je kunt uitleggen hoe je de samenstelling van licht kunt onderzoeken met een zakspectroscoop.
6.3.3 Je kunt uitleggen hoe je een voorwerp met een bepaalde kleur ziet bij verschillende kleuren licht.
EXTRA 6.3.4 Je kunt uitleggen hoe je kleuren ziet op een beeldscherm.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN			
	6.3.1	6.3.2	6.3.3	6.3.4
Onthouden	1a, 2, 8bc	1c	1b	11ab
Begrijpen	8a, 9ac		4, 5ac	13a
Toepassen	9b, 10		3ab, 5b, 6, 7a	12ab
Analyseren			7b	13bc

Als het mistig is, zie je de zon soms als een helderwitte schijf door de mist heen tevoorschijn komen. Je kunt dan goed zien waarom zonlicht wit licht wordt genoemd. Dat lukt niet meer als de mist optrekt. Het licht is dan te fel om er recht tegenin te kijken.

HET KLEURENSPECTRUM

Het witte zonlicht bestaat uit alle kleuren van de regenboog. Dat zie je als je zonlicht op een **prisma** laat vallen, zoals in figuur 1. Op het scherm is dan een reeks kleuren te zien: rood, oranje, geel, groen, blauw en violet. Zo'n reeks kleuren wordt een **spectrum** genoemd.
Je kunt de verschillende kleuren licht ook weer samenvoegen. Je krijgt dan wit licht terug.



figuur 1 Een prisma splitst licht in alle kleuren van de regenboog.

DE ZAKSPECTROSCOOP

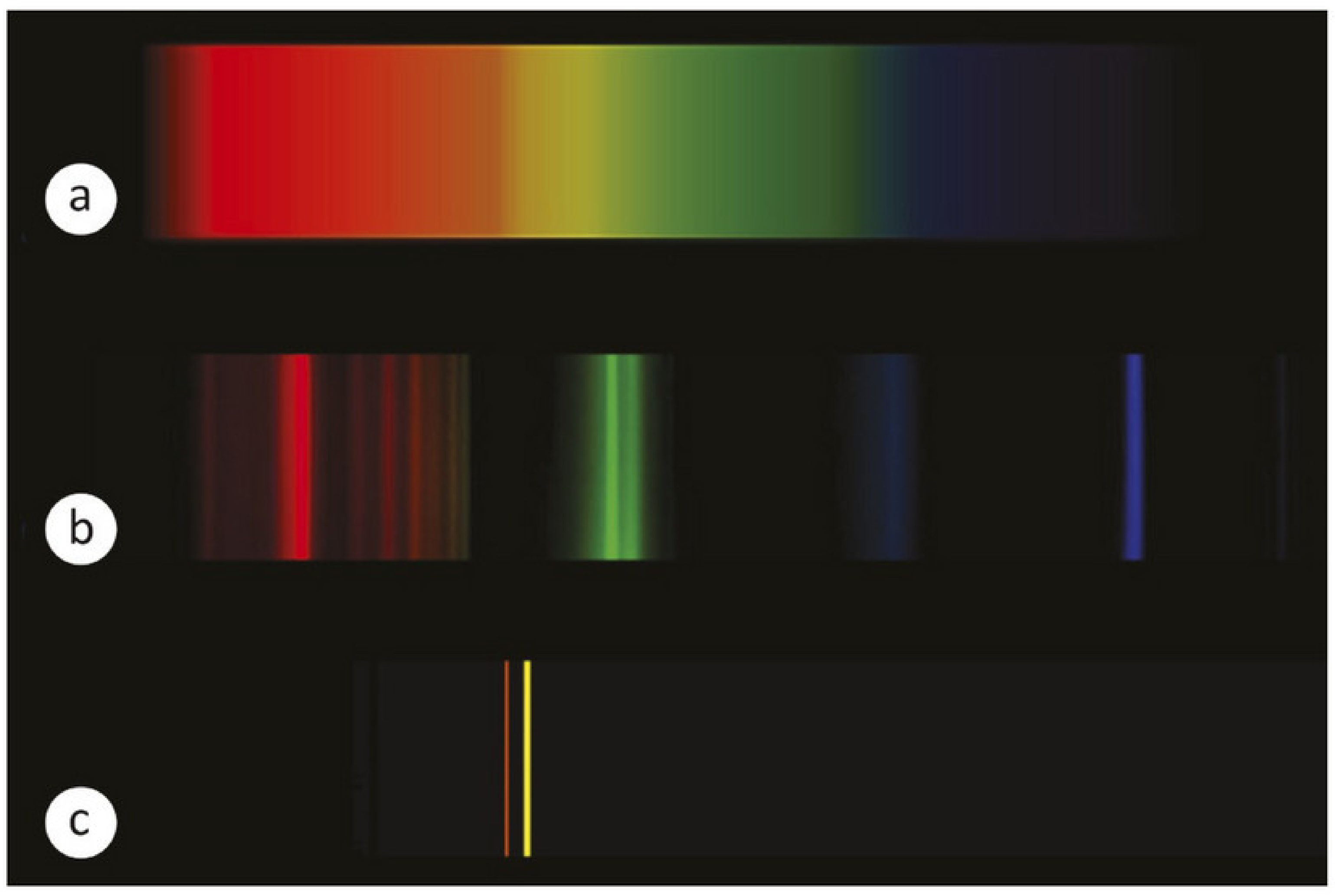
PROEF 5

Met een **zakspectroscoop** kun je de samenstelling van licht onderzoeken (figuur 2). Als je in de spectroscoop kijkt, zie je een spectrum van het licht van de lamp. Je kunt zo zien uit welke kleuren het licht bestaat.



figuur 2 Zo gebruik je een zakspectroscoop.

De meeste lampen geven licht dat uit verschillende kleuren bestaat (figuur 3). Normaalgesproken zie je die kleuren niet, je ziet alleen een mengkleur. In het licht van een halogeenlamp zitten bijvoorbeeld alle kleuren van de regenboog. Toch heeft het licht van een halogeenlamp geen duidelijke kleur – het is een beetje aan de gele kant.



figuur 3 Het spectrum van een halogeenlamp, een tl-buis en een natriumlamp.

Het licht van halogeenlampen en tl-buizen lijkt veel op zonlicht: alle kleuren van de regenboog zitten erin. Wel is de verhouding tussen de kleuren anders dan bij zonlicht. Het licht van een halogeenlamp bevat bijvoorbeeld meer geel, oranje en rood dan zonlicht. Daardoor heeft het een 'warme' tint.

GEKLEURDE VOORWERPEN ZIEN

Overdag worden de dingen om je heen door de zon verlicht. Je ziet de wereld om je heen dan in kleur. Die kleuren ontstaan doordat veel voorwerpen maar een deel van het zonlicht terugkaatsen. Een gele trui weerkaatst vooral geel licht, een rode trui vooral rood licht, een blauwe trui vooral blauw licht enzovoort (figuur 4). Het licht dat niet wordt teruggekaatst, wordt **geabsorbeerd** (= opgenomen). Het licht wordt daarbij omgezet in warmte.



figuur 4 Je kleren kunnen allerlei verschillende kleuren weerkaatsen.

Bijna alle kleuren in de wereld om je heen zijn mengkleuren. Een gele trui bijvoorbeeld kaatst niet alleen geel licht terug, maar ook oranje en groen licht. Je ogen kunnen dit mengsel van kleuren niet onderscheiden van zuiver geel licht.

Witte voorwerpen kaatsen bijna al het zonlicht terug. Daarbij worden alle kleuren even sterk weerkaatst. In het weerkaatste licht vind je (net als in het zonlicht zelf) alle kleuren van de regenboog. Zwarte voorwerpen kaatsen maar weinig licht terug. Bijna al het zonlicht wordt geabsorbeerd, van welke kleur het ook is.

HET LICHT VAN LAMPEN

PROEF 6

Er zijn lampen die maar één kleur licht geven. De voorwerpen die je met zo'n lamp verlicht, kunnen alleen die ene kleur licht terugkaatsen: andere kleuren zijn er gewoon niet. De wereld ziet er dan heel anders uit dan je gewend bent (figuur 5).



figuur 5 Een bord eten in zonlicht (links) en violet licht (rechts).

In straatlantaarns worden soms natriumlampen gebruikt, die zuiver geel licht geven. Een witte trui en een gele trui lijken onder een natriumlamp allebei geel. Het gele licht van de natriumlamp wordt door de twee truien grotendeels teruggekaatst.

Als je een paarse trui bekijkt onder een natriumlamp, lijkt hij zwart. Dat komt doordat de paarse trui alle kleuren licht sterk absorbeert, behalve paars (violet). Het gele licht van de natriumlamp wordt dus nauwelijks door de trui teruggekaatst, waardoor de trui zwart lijkt.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

EXTRA SUBTRACTIEVE EN ADDITIEVE KLEURMENGING

In kleurenprinters worden kleuren inkt gemengd om andere kleuren te maken. In de inkt zitten stoffen die bepaalde kleuren absorberen en andere kleuren juist weer doorlaten. Als wit licht op een wit vel papier valt met daarop gele inkt, wordt blauw licht geabsorbeerd. Dit zie je als geel licht. Door drie kleuren inkt te mengen, kun je andere kleuren maken. Dit is subtractieve kleurmenging (figuur 6a). Als je een foto afdrukt op papier, gebruikt de printer heel kleine druppeltjes inkt in de basiskleuren geel, cyaan en magenta. Hiermee kan de printer alle kleuren maken.

Bij gekleurd licht werkt het anders. Als je groen, rood en blauw licht met elkaar mengt, krijg je wit licht (figuur 6b). Dit is additieve kleurmenging. Ze voegen namelijk kleur toe in plaats van te absorberen. Je telefoon maakt hier slim gebruik van om zo alle mogelijke kleuren op je beeldscherm te krijgen.

figuur 6 Subtractieve en additieve kleuren.



ⓐ



ⓑ

LEERSTOF

1 Vul in.

a Met een .... kun je zonlicht splitsen in verschillende kleuren.
De reeks kleuren die zo ontstaat, noem je een ....

b Zonlicht wordt door een wit voorwerp grotendeels ....
Zonlicht wordt door een zwart voorwerp grotendeels ....

c Een natriumlamp geeft zuiver .... licht. Dat dit geen mengkleur is, kun je nagaan met een ....

2 Uit welke kleuren bestaat het spectrum van zonlicht?

TOEPASSING

3 Kleuren ontstaan als een voorwerp sommige kleuren absorbeert en andere terugkaatst. Vul tabel 1 verder in:

a een + als het licht grotendeels wordt teruggekaatst;
b een – als het licht grotendeels wordt geabsorbeerd.

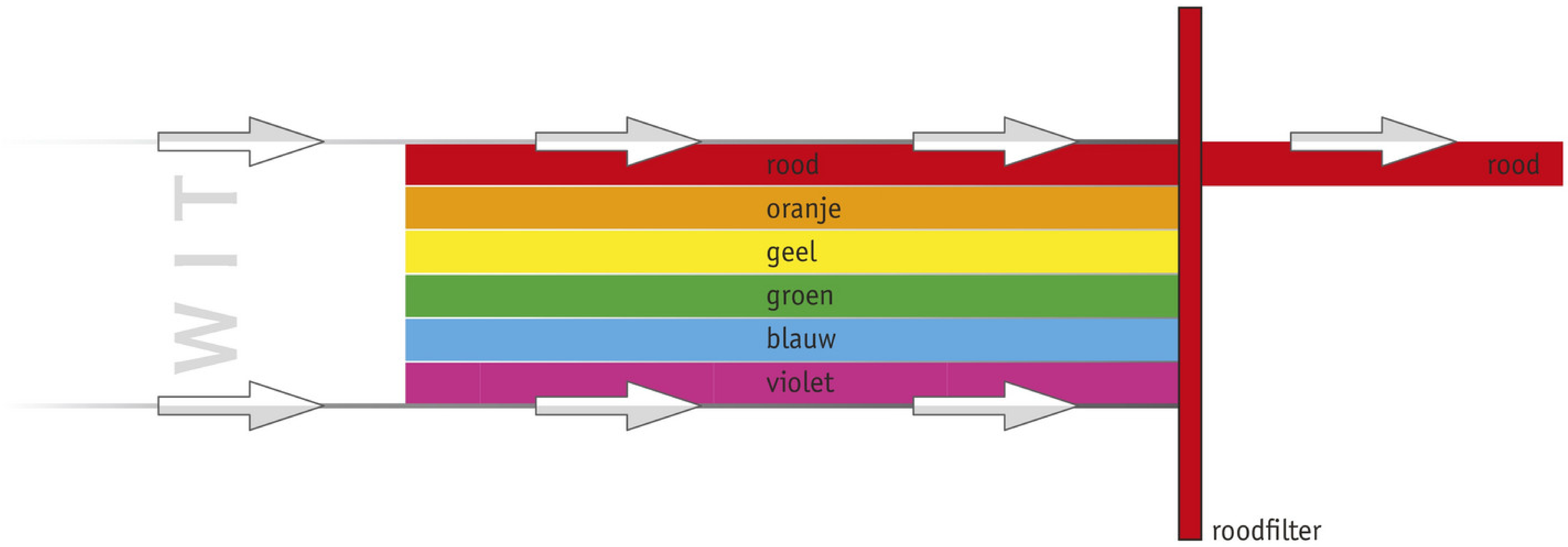
tabel 1 Teruggekaatst of geabsorbeerd?

kledingstuk	zuiver rood licht	zuiver groen licht
wit T-shirt		
groen T-shirt		
rood T-shirt		
zwart T-shirt		

4 Als je 's zomers op een zonnige dag buiten loopt, krijg je het in een zwart shirt sneller warm dan in een wit shirt.
Leg uit hoe dit komt. Gebruik in je uitleg de woorden 'absorberen' en 'terugkaatsen'.

5 Het toneel van een theater wordt verlicht door toneellampen. Voor enkele lampen is een filter aangebracht dat alleen rood licht doorlaat (figuur 7).
De artiest heeft een wit shirt aan met daarop een tekst in rode letters. Op een gegeven moment branden alleen de rode toneellampen.

a Welke kleur lijkt het shirt nu te hebben?
b Welke kleur lijken de letters nu te hebben?
c Kun je de tekst op het shirt nu goed lezen?



figuur 7 Een roodfilter.

6 Volgens Tim zou je best natriumlampen kunnen gebruiken om een toneel in verschillende kleuren te verlichten. "Je kunt het licht van zo'n lamp elke kleur geven die je maar wilt," zegt hij. "De kleuren op het toneel hangen af van de kleurfilters die je voor de lamp schuift, niet van de lamp zelf."
Leg uit waarom Tim ongelijk heeft. Beschrijf bijvoorbeeld wat er gebeurt als Tim een roodfilter (figuur 7) voor een natriumlamp plaatst.

★ 7 Dennis voetbalt bij Sparta Rotterdam in een wit shirt met rode strepen. Als hij onder een lamp doorloopt, verandert hij even in een speler van een andere voetbalclub. Het lijkt alsof hij bij Vitesse Arnhem (zwart-geel gestreept) speelt.

a Onder welke kleur lamp is hij door gelopen?
b ADO Den Haag speelt in geel-groen gestreepte shirts.
Leg uit waarom geen enkele kleur verlichting het kan laten lijken alsof Dennis bij ADO speelt.

8 Het licht van een halogeenlamp lijkt veel op zonlicht.

a Welke kleuren komen in beide soorten licht voor?

b Toch is er een verschil. Welk?

c Hoe noem je het licht van een halogeenlamp? *koud / warm*

9 Sommige soorten tl-buizen geven licht waarin – vergeleken met zonlicht – veel groen en violet voorkomt en weinig rood.

a Hoe noem je het licht van zo'n tl-buis? *koud / warm*

b Welke kleuren vallen meer op als je ze bekijkt in het licht van zo'n tl-buis: de 'koude' kleuren of de 'warme' kleuren?

c Zo'n tl-buis wordt niet vaak gebruikt in een huiskamer. Waarom niet?

10 Ava wil een zomerjurk maken. In een stoffenwinkel die verlicht wordt door tl-buizen heeft ze een stof gevonden die ze wel mooi vindt. Voordat ze de stof koopt, loopt ze naar de deur om de stof bij daglicht te bekijken.
Noteer een reden waarom Ava dit doet.

Test je kennis met de *Test jezelf*.

EXTRA SUBTRACTIEVE EN ADDITIEVE KLEURENMENGING

11 Beantwoord de volgende vragen.

a Met welke drie kleuren licht kun je wit licht maken?

b Welke kleur inkt krijg je als je cyaan en magenta met elkaar mengt?

12 Door de verhoudingen tussen kleuren te veranderen, kun je meer kleuren maken dan in figuur 6 te zien zijn.

a Hoe maak je met licht een kleur die tussen cyaan en blauw in zit?

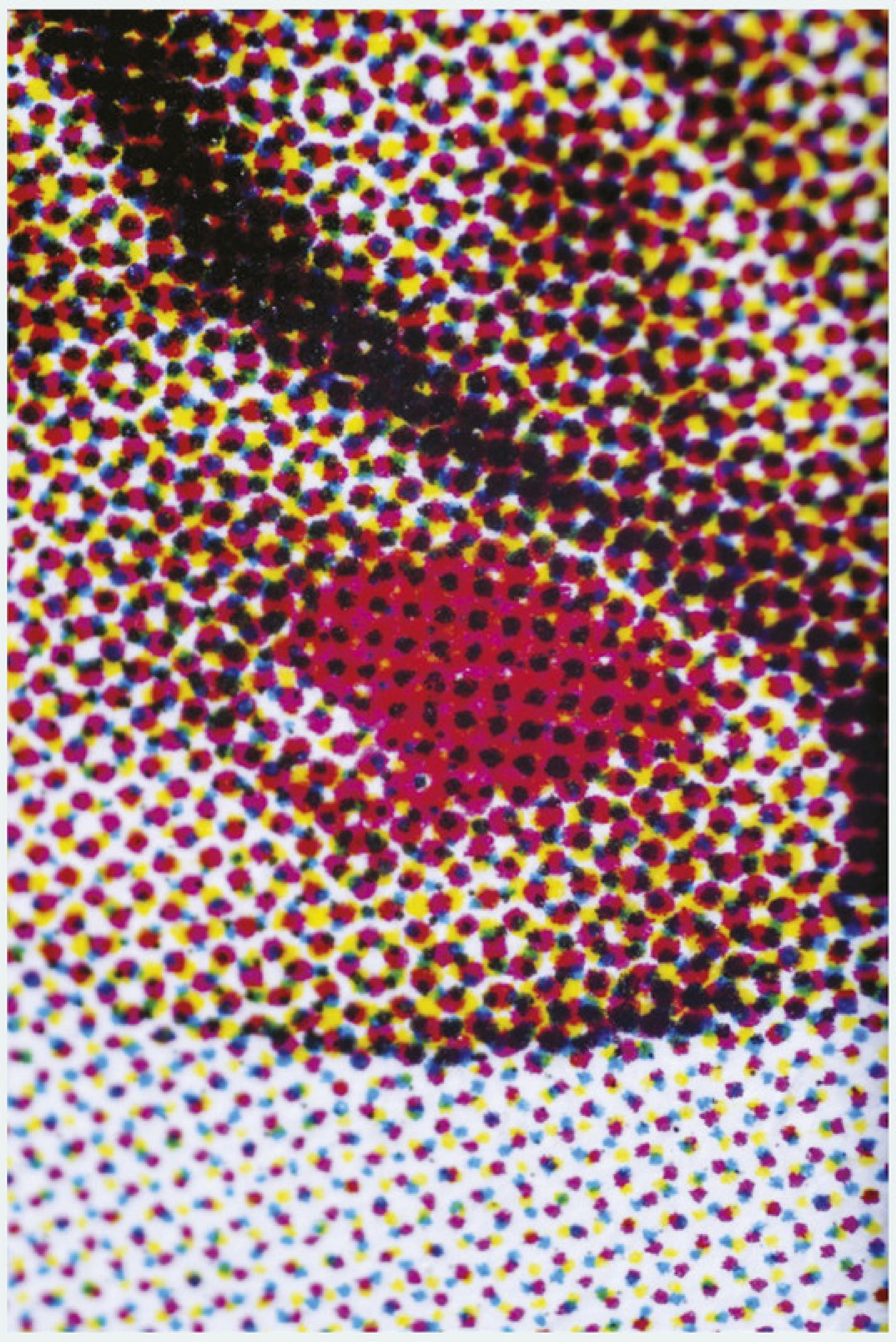
b Hoe krijg je met inkt mengen oranje inkt?

★ 13 In figuur 8 zie je een kleurenafdruk gemaakt door een printer. De afdruk is sterk uitvergroot, zodat je de inktdruppeltjes goed kunt herkennen.

a Welke basiskleuren zijn gebruikt in deze afdruk?

b De printer gebruikt naast de basiskleuren ook zwarte inkt. Met de basiskleuren kun je moeilijk een perfecte zwarte afdruk maken.
Wat zou nog een reden kunnen zijn om alleen zwarte inkt te gebruiken om iets zwart te maken?

c Als je een afdruk maakt met een printer, moet je ook het soort papier aangeven. Iedere papiersoort heeft een andere absorptie van de inkt. Mat papier absorbeert de inkt veel meer dan glanspapier. Bij glanspapier blijft de inkt meer op het papier liggen, waardoor de kleuren duidelijker zichtbaar zijn. In figuur 8 zie je inktdruppeltjes op papier.
Leg uit waarom kleuren duidelijker zichtbaar worden met glanspapier.



figuur 8 Inktdruppels op papier.

4 Infrarode en ultraviolette straling

LEERDOELEN

6.4.1 Je kunt benoemen waar infrarode en ultraviolette straling zich in het spectrum bevinden.
6.4.2 Je kunt kenmerken benoemen van infrarode en ultraviolette straling.
6.4.3 Je kunt toepassingen noemen van infrarode en ultraviolette straling.
6.4.4 Je kunt uitleggen wat de gevaren zijn van ultraviolette straling.
EXTRA 6.4.5 Je kunt de eigenschappen van drie soorten ultraviolette straling noemen.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN						
	6.4.1	6.4.2	6.4.3	6.4.4	6.4.5	6.1.1*	6.3.1*
Onthouden	1a, 3b	1b, 2	1cd, 6a	2, 5ac	9abcd		3a
Begrijpen		4bc, 7ac		5b	10a	6b	
Toepassen		4a, 7b		8a			
Analyseren				8b	10b, 11ab		

* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

Je ogen zijn gevoelig voor licht. Als het licht van een lamp in je ogen terechtkomt, merk je dat meteen. Het licht van een felle lamp doet pijn aan je ogen, waardoor je vanzelf met je ogen begint te knipperen. Maar er zijn ook soorten straling waarvoor je ogen niet gevoelig zijn, zoals infrarode en ultraviolette straling.

INFRARODE STRALING

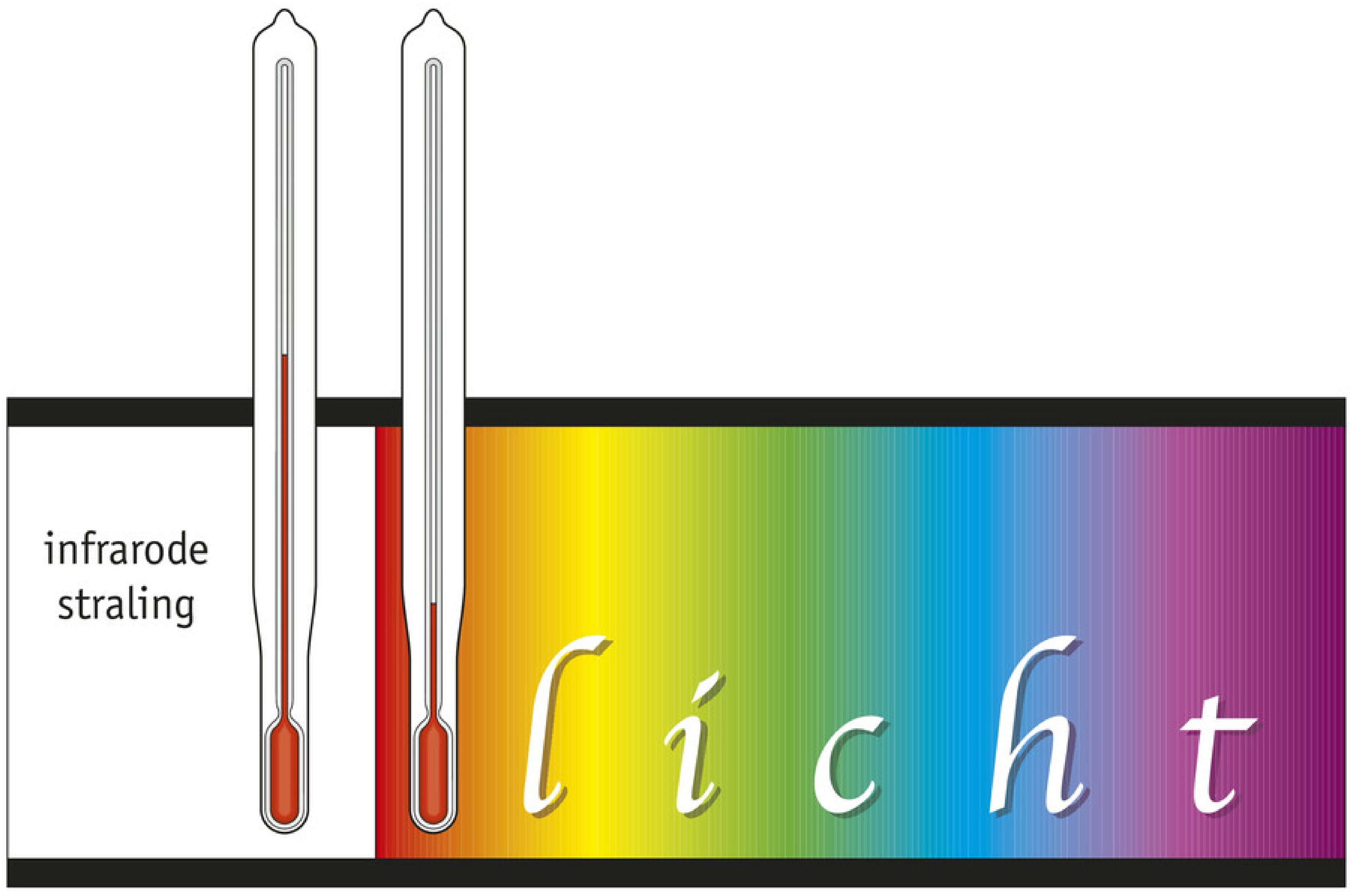
Alle voorwerpen om je heen, maar ook mensen en dieren, zenden **infrarode straling** (ir-straling) uit. Hoe hoger de temperatuur van het voorwerp, des te meer straling het uitzendt. Dat merk je bijvoorbeeld als je een hand voor een hete radiator houdt. Je voelt dat je hand warm wordt doordat die de infrarode straling van de radiator absorbeert.

Warmtelampen zenden, behalve een beetje rood licht, vooral veel infrarode straling uit. Ze worden veel gebruikt om pasgeboren jonge dieren warm te houden (figuur 1), maar je komt ze ook tegen in terrasverwarmingen en infraroodsauna's. Mensen en dieren vinden de straling die deze lampen uitzenden 'lekker warm'.



figuur 1 Pasgeboren kuikens onder de warmtelamp.

In het spectrum van een ir-lamp vind je infrarode straling naast het rood. Dat kun je aantonen met een gevoelige thermometer. Zo'n thermometer geeft een hogere temperatuur aan als je hem in het licht houdt (figuur 2). Het opvallende is dat de thermometer vlak náást het rood de hoogste temperatuur aangeeft. Daaraan kun je zien dat daar de infrarode straling terechtkomt. De naam 'infrarood' betekent letterlijk 'vóór het rood'.



figuur 2 In het spectrum vind je infrarode straling vóór het rood.

TOEPASSINGEN VAN INFRARODE STRALING

Infrarode straling wordt op verschillende manieren toegepast. In de afstandsbediening van een tv zit bijvoorbeeld een klein ir-lampje. De straling van dit lampje wordt gebruikt om signalen naar de tv te sturen.

Alle dingen om je heen zenden infrarode straling uit. Hoe warmer het voorwerp, des te meer straling er wordt uitgezonden. Een infraroodsensor is gevoelig voor deze straling. De sensor in een buitenlamp reageert bijvoorbeeld op infrarode straling die door voorbijlopende mensen wordt uitgestraald. De sensor schakelt dan de stroom in, zodat de lamp gaat branden (figuur 3).



figuur 3 Een buitenlamp met een infraroodsensor.

Infraroodsensoren worden ook gebruikt in alarminstallaties en in winkeldeuren die automatisch openen en sluiten. In het leger worden nachtkijkers gebruikt die onzichtbare infrarode straling omzetten in een zichtbaar beeld.

ULTRAVIOLETTE STRALING

De zon straalt behalve licht ook **ultraviolette straling** (uv-straling) uit. Als je in de zon ligt, komt die straling op je huid terecht. Je huid reageert daarop door extra kleurstof aan te maken: je wordt bruin. De kleurstof die je huid bruin kleurt, heeft een beschermende werking. Daardoor kun je langer in de zon blijven als je bruin bent.

Je moet ervoor oppassen dat er niet te veel ultraviolette straling op je huid terechtkomt (figuur 4). Anders kun je last krijgen van zonnebrand (verbranding). Te veel ultraviolette straling vergroot ook de kans op huidkanker.



figuur 4 Een petje of hoedje beschermt de gevoelige gezichtshuid tegen ultraviolette straling.

Hoog in de atmosfeer bevindt zich een gas dat de meest schadelijke ultraviolette straling tegenhoudt. Dit gas heet **ozon**. De luchtlaag waarin dit ozon voorkomt, heet de **ozonlaag**. Doordat de lucht vervuild is met cfk's (stoffen die inmiddels niet meer gemaakt mogen worden), ontstaan er gaten in de ozonlaag. Hierdoor kan de ultraviolette straling gemakkelijker de aarde bereiken en krijgen mensen eerder een te hoge dosis.

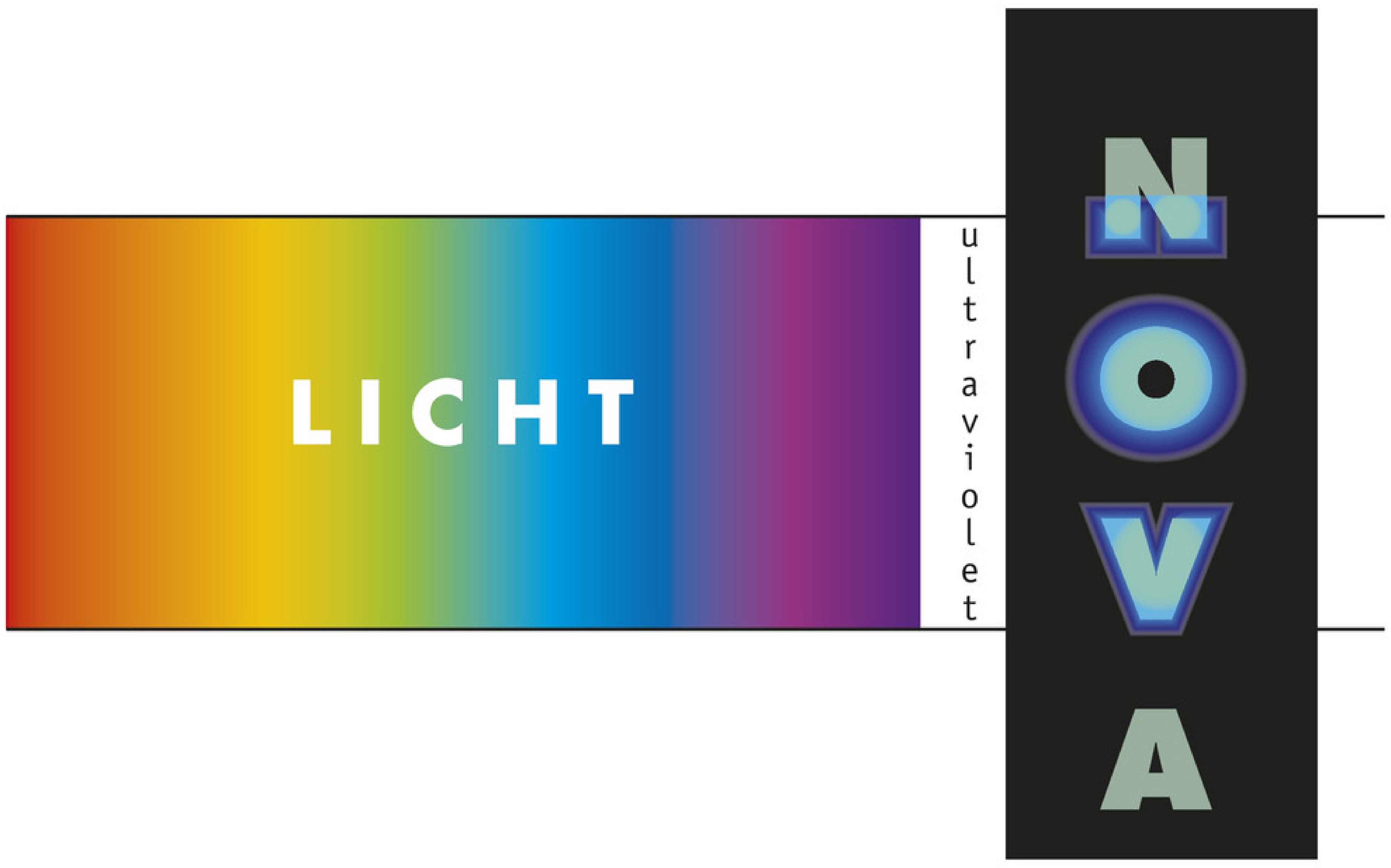
UV-LAMPEN

PROEF 7

Er zijn lampen die vooral ultraviolette straling uitzenden. Denk aan de **uv-lampen** in zonnebanken en de blacklightlampen in discotheken. Behalve ultraviolette straling geven deze lampen ook een beetje violet licht. Aan dit violette licht kun je uv-lampen en blacklightlampen herkennen.

In het spectrum van een uv-lamp vind je ultraviolette straling naast het violet. Dat kun je aantonen met een **fluorescerende** stof. Zo'n stof gaat zelf licht geven als er ultraviolette straling op valt.

De letters N O V A in figuur 5 zijn geschilderd met fluorescerende verf. Je ziet ze oplichten op de plaats waar de ultraviolette straling terechtkomt, voorbij het violet. 'Ultraviolet' betekent letterlijk 'voorbij het violet'.



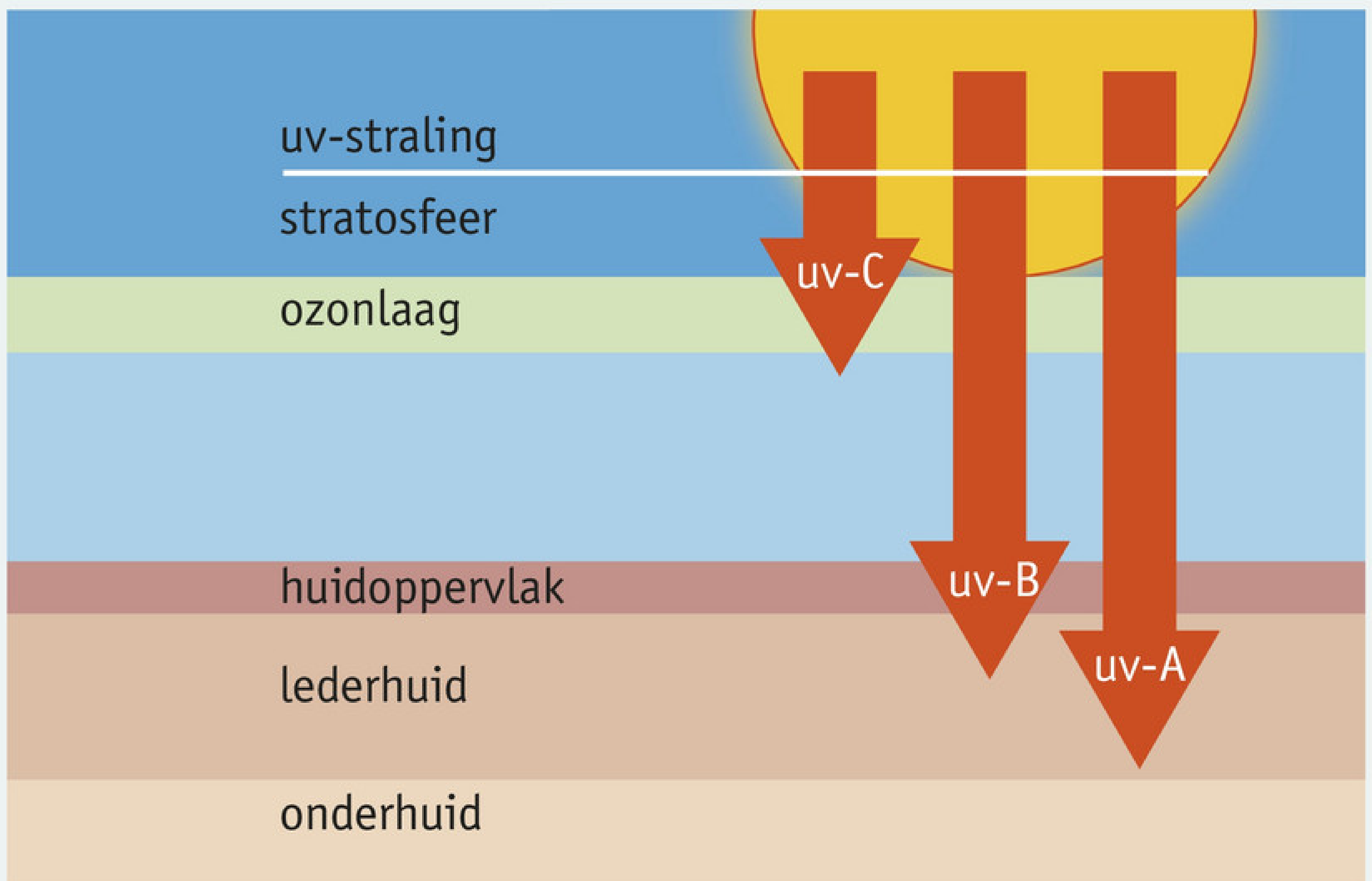
figuur 5 In het spectrum komt de ultraviolette straling na het violet.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

EXTRA DRIE SOORTEN ULTRAVIOLETTE STRALING

De voornaamste bron voor ultraviolette straling op aarde is de zon. Alle ultraviolette straling is schadelijk voor de huid (figuur 6). Uv-A-straling en uv-B-straling kunnen door de huid dringen. Uv-C-straling bereikt de aarde niet.

- Uv-A-straling vormt het grootste deel van de ultraviolette straling. Deze straling wordt niet tegengehouden door bewolking of glas en ze is het hele jaar door aanwezig. Ze veroorzaakt huidveroudering, rimpels, huidvlekjes en melanoom, de gevaarlijkste vorm van huidkanker. Uv-A-straling veroorzaakt ook het verkleuren van stoffen en verf.
- Uv-B-straling vormt een klein gedeelte (ongeveer 2%) van de ultraviolette straling. In Nederland bereikt deze straling haar hoogtepunt tussen 12 en 15 uur. Uv-B-straling zorgt voor een bruine tint van de huid en voor de aanmaak van vitamine D. Maar de uv-B-straling van de zon beschadigt daarnaast de buitenste laag van de huid, veroorzaakt zonnebrand en vergroot de kans op huidkanker.
- Uv-C-straling wordt tegengehouden door de ozonlaag en bereikt de aarde dus niet. Gelukkig maar, want deze straling is bijzonder gevaarlijk voor de huid en de ogen. Uv-C-straling zet zuurstof om in ozon en draagt bij aan het in stand houden van de ozonlaag.



figuur 6 Alle ultraviolette straling is schadelijk voor de huid.

LEERSTOF

1 Vul in.

a 'Infrarood' betekent letterlijk ....

'Ultraviolet' betekent letterlijk ....

b Onze ogen zijn wel gevoelig voor licht, maar niet voor .... en .... straling.

c Je kunt een warmtelamp herkennen aan het .... licht dat hij uitstraalt.

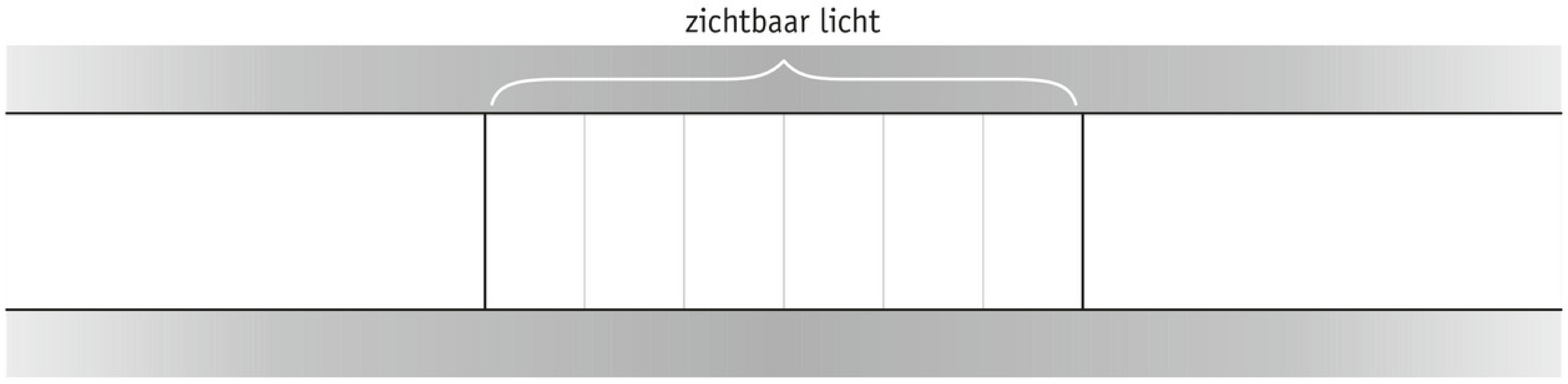
d Je kunt een uv-lamp herkennen aan het .... licht dat hij uitstraalt.

2 Er zijn buitenlampen die aangaan als er iemand voorbijloopt.
Leg uit hoe zo'n buitenlamp werkt.

3 In figuur 7 is een spectrum getekend.

a Kleur het vak 'zichtbaar licht' met de kleuren van het spectrum in de juiste volgorde.

b Noteer de namen 'infrarood' en 'ultraviolet' op de juiste plaats.



figuur 7 Een spectrum.

TOEPASSING

4 In figuur 8 zie je een luchtopname van de provincie Zeeland. De opname is gemaakt met een infraroodcamera van een satelliet.

a Wat zendt de meeste infrarode straling uit? *het land / het wateroppervlak*

b Welk oppervlak is dus het warmst? *het land / het wateroppervlak*

c Welk oppervlak is het koelst? Leg uit.



figuur 8 Een 'infrarode' luchtfoto.

5 In zonnebrandcrème zit een stof die ultraviolette straling absorbeert. Zo'n stof wordt een uv-filter genoemd.

a Wat gebeurt er als er te veel ultraviolette straling op je huid terechtkomt?

b In figuur 9 zie je de verpakkingen van drie soorten zonnebrandcrème.
Welke zonnebrandcrème absorbeert de meeste ultraviolette straling?

c De atmosfeer is hoog in de bergen een stuk dunner dan op zeeniveau. Ultraviolette straling wordt voor een groot gedeelte door de atmosfeer geabsorbeerd.
Waar krijg je de meeste ultraviolette straling op je huid?
hoog in de bergen / op zeeniveau



figuur 9 Welk uv-filter is het sterkst?

6 In discotheken worden vaak blacklightlampen gebruikt. In het licht van een blacklightlamp gaat een wit T-shirt fluoresceren.

a Wat gebeurt er met een stof als deze gaat fluoresceren?

b Is het fluorescerende T-shirt een lichtbron of niet? Licht je antwoord toe.

7 Als je je terras met zonwering verwarmt met een infraroodlamp (figuur 10), heb je op je terras minder last van de kou.

a Freek zegt dat het lekker warm aanvoelt op het terras, omdat de infrarode straling de lucht op het terras warm maakt. Leg uit of Freek gelijk heeft of niet.

b Boven de infraroodlamp zit een kap die een spiegelende binnenkant heeft.
Wat moet de binnenkant van de kap weerkaatsen?

c Wat kan er fout gaan als het element niet zo'n kap zou hebben?



figuur 10 Een infraroodlamp voor terrasverwarming.

★ 8

In Australië komt onder vrachtwagenchauffeurs veel huidkanker voor. Uit onderzoek blijkt dat de tumoren vaak ontstaan op de rechterkant van het hoofd en de nek en op de rechterarm.

a Hoe zou het komen dat er juist daar tumoren ontstaan? Tip: in Australië rijdt het verkeer links op de weg, net als in Engeland.

b Vrachtwagenchauffeurs in Australië lopen een groter risico op huidkanker dan vrachtwagenchauffeurs in Nederland.
Welk verschil tussen Nederland en Australië zal daarbij een rol spelen?

Test je kennis met de *Test jezelf*.

EXTRA DRIE SOORTEN ULTRAVIOLETTE STRALING

9

Beantwoord de volgende vragen.

a Welke van de drie soorten ultraviolette straling wordt tegengehouden door de ozonlaag?

b Welke straling is verantwoordelijk voor het bruin worden van de huid?

c Welke straling is nodig voor de aanmaak van vitamine D in het lichaam?

d Welke ultraviolette straling wordt niet tegengehouden door bewolking of glas?

10

Uv-C-lampen worden soms ingezet om te desinfecteren. Uv-C-straling doodt namelijk in korte tijd 99% van de bacteriën en virussen. Er worden tegenwoordig zelfrijdende wagentjes met grote uv-C-lampen erop gebruikt om grotere ruimtes in een korte tijd te desinfecteren.

a Leg uit waarom het veiliger is om zelfrijdende wagentjes te gebruiken in plaats van mensen.

b Een stoel die onder een tafel staat, kan soms niet goed gedesinfecteerd worden.
Leg uit waardoor dit komt.

11

Kleine voorwerpen kunnen ook gedesinfecteerd worden met een desinfectiekabinet (figuur 11). Dit is een soort oven, maar dan met uv-C-lampen bovenin.

a Leg uit waarom de wanden van het kabinet glanzend zijn.

b Waarom zijn de voorwerpen na het desinfecteren niet schadelijk?



figuur 11 Desinfectiekabinet.

Practica

PROEF 1 KERNSCHADUW EN HALFSCHADUW

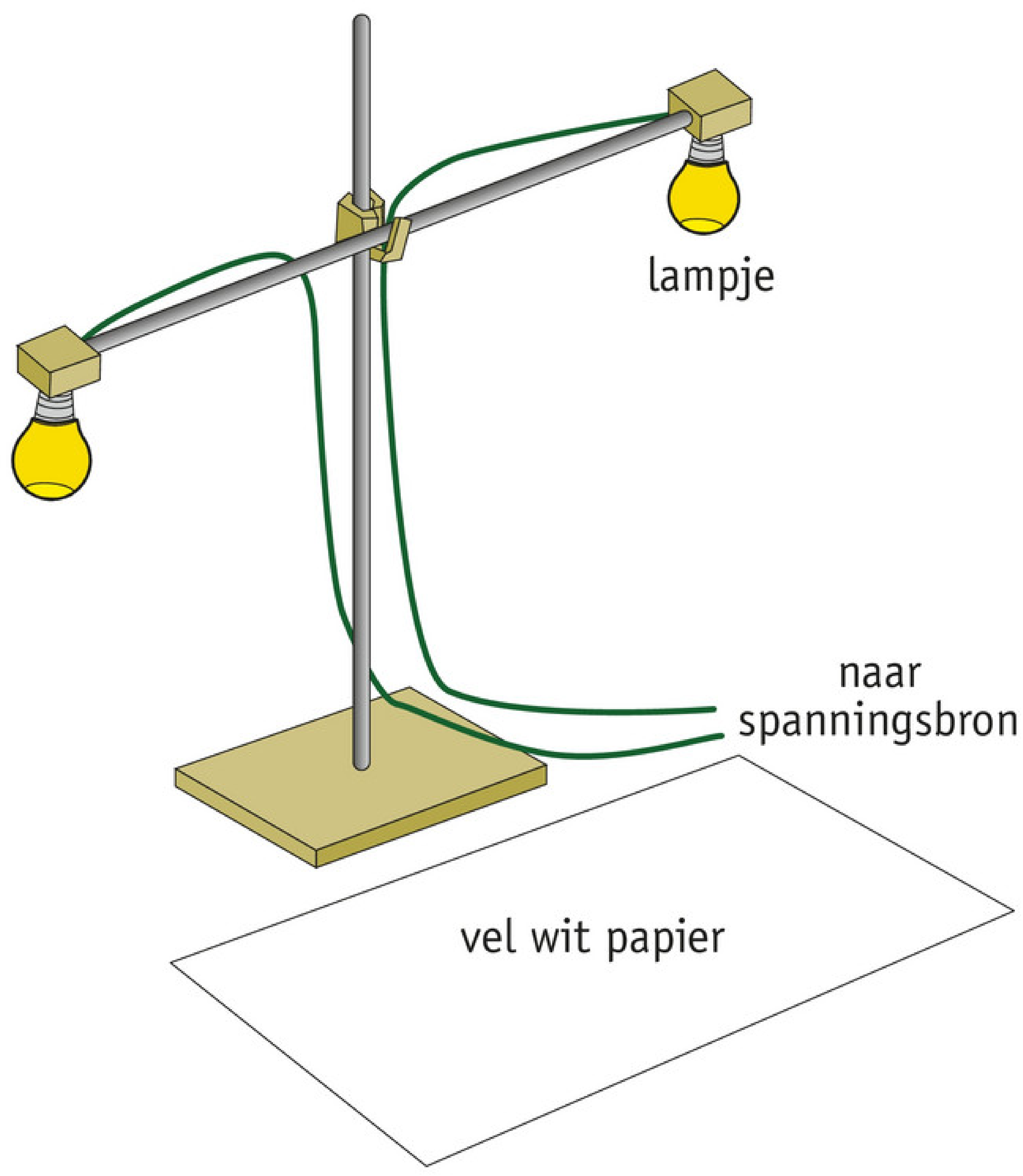
15 minuten

Inleiding
Met twee lampen boven een tafelblad krijg je andere schaduwen dan met één lamp. Vaak kun je dan een donkere kernschaduw zien tussen twee lichtere halfschaduwen.

Doel
Bij deze proef onderzoek je hoe je een kernschaduw en halfschaduwen kunt laten ontstaan.

Nodig
- ☐ statief met klemmen
- ☐ 2 lampjes
- ☐ spanningsbron
- ☐ snoeren
- ☐ vierkant stukje karton
- ☐ vel wit papier

Uitvoeren en uitwerken
- Maak de opstelling van figuur 1.
- Houd het kartonnen vierkantje tussen de lampjes en het vel wit papier. Beweeg het kartonnetje op en neer.



figuur 1 De opstelling van proef 1.

1 Beschrijf hoe je de schaduwen ziet veranderen:

a als je het kartonnetje omhoog beweegt, richting de lampjes;

....

....

b als je het kartonnetje omlaag beweegt, richting het vel papier.

....

....

- Houd het kartonnetje zo dat je twee lichtere schaduwen naast elkaar ziet die elkaar niet overlappen. Dit noem je halfschaduwen.
- Draai het linker lampje los zodat het uitgaat.

2 Welke halfschaduw verdwijnt nu? Hoe komt dat?

....

....

- Draai het linker lampje weer vast, zodat je opnieuw twee halfschaduwen ziet. Houd het kartonnetje nu zo dat de twee halfschaduwen elkaar overlappen.

3 Hoe ziet de kernschaduw eruit: het gebied waar de twee halfschaduwen over elkaar heen vallen?

....

....

4 Schets hoe deze schaduwen eruitzien. Schrijf de namen kernschaduw en halfschaduw op de juiste plaatsen in je tekening.

PROEF 2 SPIEGELBEELDEN BEKIJKEN

15 minuten

Inleiding
Als je in een spiegel kijkt, zie je een wereld die heel veel lijkt op je eigen wereld. Toch zijn er ook verschillen.

Doel
Je komt achter een belangrijk verschil tussen een spiegelbeeld en de echte wereld.

Nodig
☐ spiegel

Uitvoeren en uitwerken
- Kijk via de spiegel naar je buurman of buurvrouw.

1 Kan je buurman of buurvrouw jou ook tegelijkertijd via de spiegel zien?

....

- Op het bord is een zin in spiegelschrift geschreven. Kijk via de spiegel naar het bord.

2 Hoe zie je die zin nu?

....

- Schrijf je naam, terwijl je tijdens het schrijven naar je hand met de pen in de spiegel kijkt.

3 Leg uit wat daar zo moeilijk aan is.

....

....

....

- Schrijf je naam in spiegelschrift, zonder de spiegel te gebruiken.

4 Controleer het resultaat met de spiegel. Klopt het?

....

5 Bekijk figuur 2.
Welk woord is hier in spiegelschrift geschreven?

....



figuur 2 Een praktische toepassing van spiegelschrift in het buitenland.

6 Leg uit waarom hier spiegelschrift is gebruikt.

....

....

....

....

- Schrijf de zin ‘STOP POLITIE!’ in spiegelschrift, zonder de spiegel te gebruiken.

7 Controleer het resultaat met de spiegel. Klopt het?

....

8 Waar zou je deze zin in spiegelschrift kunnen tegenkomen, denk je?

....

....

....

....

PROEF 3 DE SPIEGELWET

15 minuten

Inleiding

Met een spiegeltje kun je het licht van de zon weerkaatsen naar een muur. Je ziet dan op één plaats een lichtvlek verschijnen. Als je het spiegeltje beweegt, beweegt de lichtvlek mee. Zou je kunnen voorspellen waar het zonlicht terechtkomt?

Doel

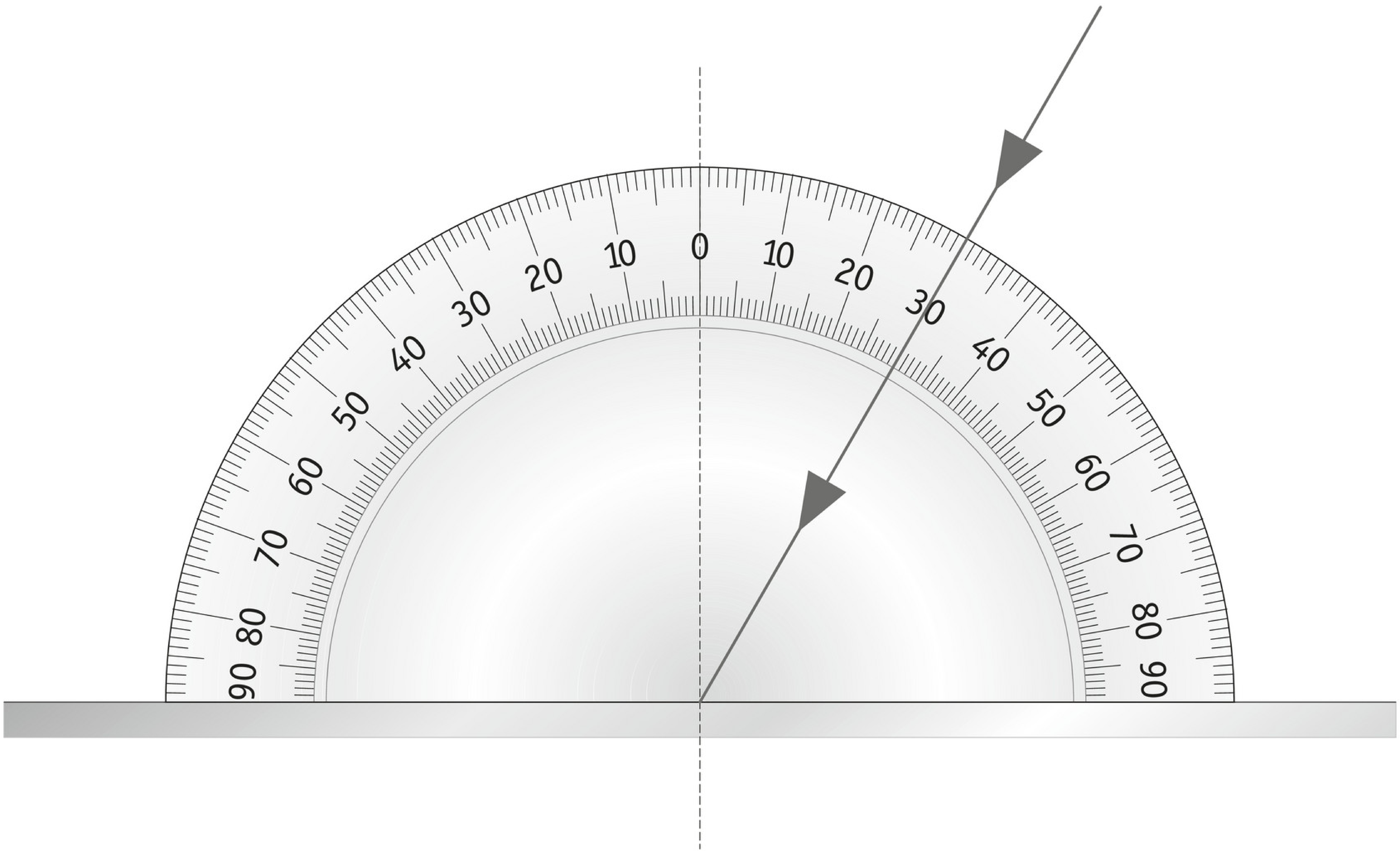
Bij deze proef onderzoek je in welke richting een spiegel het licht weerkaatst.

Nodig

- ☐ spiegel
- ☐ lichtkastje
- ☐ diafragma met één opening

Uitvoeren en uitwerken

- Zet de spiegel op de in figuur 3 aangegeven plaats.
- Schuif het diafragma met één opening in het lichtkastje.
- Laat een lichtstraal op de spiegel vallen, zoals in figuur 3 is getekend. De hoek van inval is hier 30°.



figuur 3 Gebruik deze tekening bij proef 3.

1 Bepaal bij elke hoek van inval de hoek van terugkaatsing.
Noteer de meetresultaten in tabel 1.

2 Welke conclusie kun je trekken?

....

....

....

....

....

....

tabel 1 De meetresultaten van proef 3.

hoek van inval *i*	hoek van terugkaatsing *t*
10°	
20°	
30°	
40°	
50°	
60°	
70°	
80°	

PROEF 4 DE PLAATS VAN HET SPIEGELBEELD

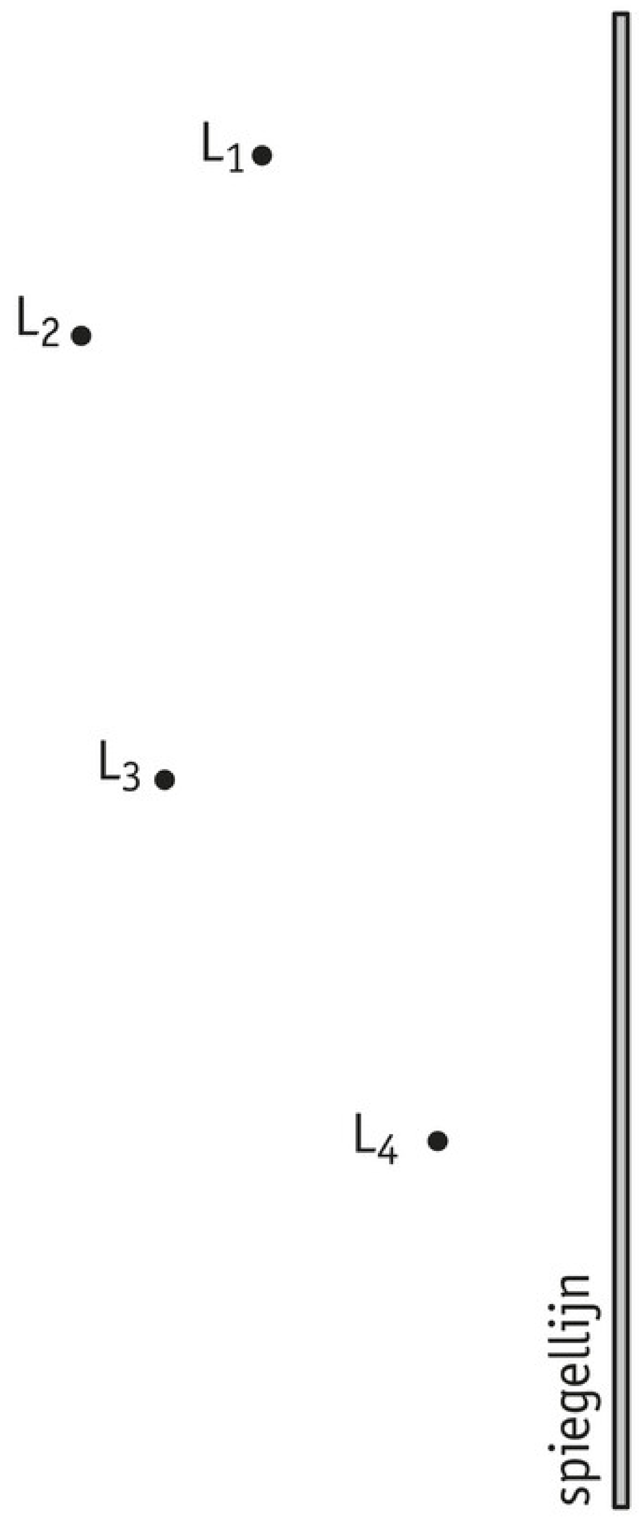
20 minuten

Inleiding
Het spiegelbeeld dat ontstaat van een voorwerp voor de spiegel, is een virtueel beeld (schijnbeeld).

Doel
Je onderzoekt op welke plaats je dit virtuele beeld waarneemt.

Nodig
- ☐ spiegel
- ☐ spiegelhouder

Uitvoeren en uitwerken
- Zet de spiegel op de aangegeven plaats in figuur 4, loodrecht op het papier.
- Zet een stip op de plaats waar je het spiegelbeeld van L_1 ziet. Zet er B_1 bij.
- Doe hetzelfde met de punten L_2, L_3 en L_4 en zet bij de beeldpunten respectievelijk B_2, B_3 en B_4.
- Verbind L_1 met B_1, L_2 met B_2 enzovoort.



figuur 4 De plaats van het spiegelbeeld.

1 Wat kun je zeggen over de plaats van het spiegelbeeld?

....

....

....

....

2 Bekijk figuur 5.
Teken met behulp van de spiegel het spiegelbeeld van de verschillende letters.



figuur 5 Schrijf de letters in spiegelschrift.

PROEF 5 EEN SPECTROSCOOP MAKEN

20 minuten

Inleiding
Als er op een zonnige dag een regen- of onweersbui overkomt, zie je soms een regenboog. De zon schijnt dan op de waterdruppels die het zonlicht in verschillende kleuren splitsen. Met een spectroscoop kun je wit licht ook splitsen in de verschillende kleuren waar het uit bestaat.

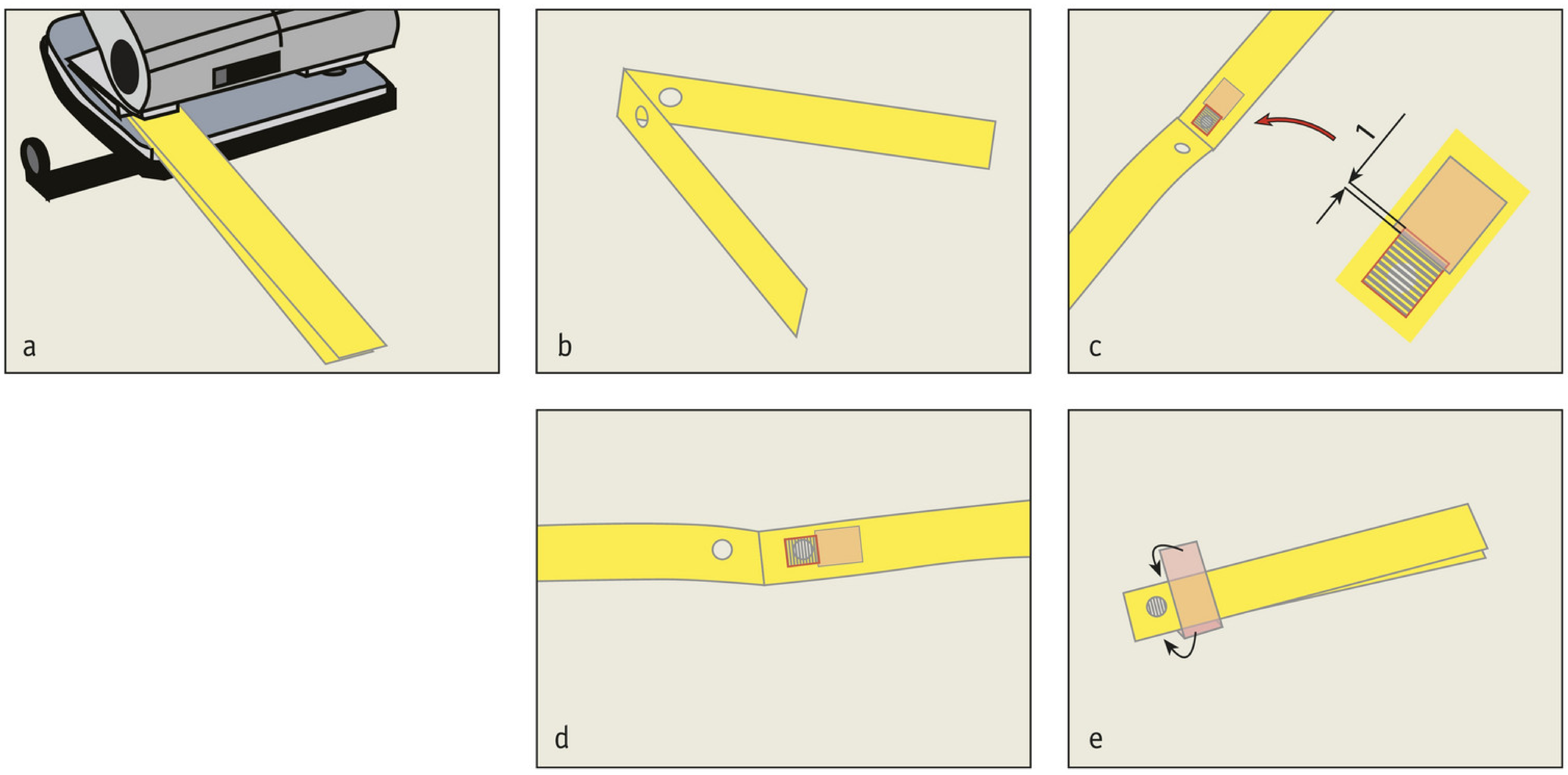
Doel
In deze proef maak je zelf een eenvoudige spectroscoop met een stuk traliefolie.

Nodig
- ☐ stukje traliefolie
- ☐ strook karton
- ☐ plakband
- ☐ perforator

Let op! Eén kant van het traliefolie (herkenbaar aan een licht waas) is heel kwetsbaar. Raak die kant niet met je vingers aan.

Uitvoeren en uitwerken
Een spectroscoop maken
- Vouw de strook karton dubbel, met de korte kanten op elkaar.
- Schuif de vouw in de perforator (figuur 6a).
  Maak vlak bij de vouw een perforatie (figuur 6b).
- Scheur een klein stukje plakband af en plak dat op de rand van het traliefolie (met 1 mm overlap).
- Gebruik het plakband om het traliefolie op de perforatie in de strook te leggen (figuur 6c).
- Druk het plakband stevig aan, om het traliefolie op deze plaats vast te maken (figuur 6d).
- Vouw de strook weer dubbel. Maak de stroken vlak onder de perforatie met een stukje plakband aan elkaar vast (figuur 6e).

figuur 6 Zo maak je je eigen zakspectroscoop.



Een spectroscoop gebruiken

- Houd de spectroscoop vlak voor een oog en kijk net naast een lichtbron. Je ziet dan de kleuren waaruit het licht van deze bron bestaat.
- Kijk door de spectroscoop naar buiten, maar NIET recht in de richting van de zon!

1 Uit welke kleuren bestaat het daglicht?

....

....

- Kijk door de spectroscoop naar verschillende bronnen van wit licht.

2 Heeft het licht van deze lichtbronnen dezelfde samenstelling als zonlicht? Waaraan zie je dat?

....

....

....

PROEF 6 DE SPECTRA VAN LAMPEN

30 minuten

Inleiding

Het licht van een lamp bestaat uit verschillende kleuren. Als je het lamplicht door een spectroscoop bekijkt, zie je de verschillende kleuren naast elkaar. Zo'n reeks kleuren noem je het spectrum van de lamp.

Doel

Bij deze proef onderzoek je hoe het spectrum van verschillende lampen eruitziet.

Nodig

- ☐ zakspectroscoop
- ☐ tl-buis
- ☐ natriumlamp
- ☐ ledlamp
- ☐ halogeenlamp
- ☐ kwiklamp
- ☐ kleurpotloden

Uitvoeren en uitwerken

- Gebruik de zakspectroscoop om het spectrum van de verschillende lampen te bekijken.

1 Teken met kleurpotloden de spectra van de lampen na.

2 Welke lamp geeft maar één kleur licht?

....

PROEF 7 FLUORESCENTIE

15 minuten

Inleiding

Als een fluorescerende stof wordt beschenen met een uv-lamp, wordt de ultraviolette straling geabsorbeerd. Een deel van de geabsorbeerde straling wordt weer uitgezonden als zichtbaar licht: je ziet de stof 'oplichten'. Als uv-lamp kun je een zogenaamde blacklightlamp gebruiken.

Doel

Je onderzoekt de werking van een blacklightlamp. De onderzoeksvraag luidt:
Hoe zien bankbiljetten, reflecterende stroken op regenjassen en inkt van merkpennen eruit als ze met uv-licht worden beschenen?

Nodig

- ☐ blacklightlamp
- ☐ bankbiljetten
- ☐ veiligheidshesje met reflecterende stroken
- ☐ markeerpen
- ☐ vel wit papier
- ☐ gedeeltelijk verduisterde ruimte

Uitvoeren en uitwerken

- Schijn met de blacklightlamp op verschillende bankbiljetten.

1 Waar zie je fluorescentie optreden?

....

2 Beschrijf hoe de fluorescentie eruitziet.

....

....

- Schijn met de blacklightlamp op het vel wit papier.

3 Treedt er nu fluorescentie op?

....

4 Hoe ziet het papier eruit?

....

....

- Maak een eenvoudige figuur op het papier met de markeerpen en bekijk die met de blacklightlamp.

5 Treedt er nu fluorescentie op?

....

6 Hoe ziet de getekende figuur eruit?

....

....

- Schijn met de blacklightlamp op het hesje met de reflecterende strepen.

7 Treedt er fluorescentie op?

....

8 Beschrijf hoe het hesje er nu uitziet.

....

....

PROEF 8 EEN ONDERZOEK UITVOEREN: DE FIETSREFLECTOR

45 minuten

Inleiding

Stel je voor: in een programma over uitvindingen wordt verteld dat een fietsreflector een heel bijzondere spiegel is. Jij hoort dat en vraagt je af of een reflector het licht dan ook op een bijzondere manier weerkaatst. Omdat daar in het programma niets over wordt gezegd, besluit je om het zelf uit te zoeken. Je schroeft de reflector van je fiets en gaat op zoek naar een goed te verduisteren ruimte ...

Doel

Bij deze proef onderzoek je hoe een fietsreflector werkt. De onderzoeksvragen zijn:

1 *In welke richting wordt het licht weerkaatst dat op een fietsreflector valt?*
2 *Hoe kan het dat de reflector het licht op deze manier terugkaatst?*

Nodig

Bij deze proef bedenk je zelf welke practicumspullen je nodig hebt.

Uitvoeren en uitwerken

- Bedenk hoe je de onderzoeksvragen betrouwbaar kunt beantwoorden.
  Wat ga je meten en welke (practicum)spullen heb je nodig?

1 Maak een werkplan voor dit onderzoek.

- De werkplannen worden de volgende les besproken met de klas. Verbeter je eigen werkplan daarna nog als dat nodig is.
- Voer daarna het onderzoek uit.

2 Noteer alle meetresultaten, berekeningen en uitkomsten.

- Je docent vertelt je of je een verslag van deze proef moet maken.

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

Je biologische klok



“Sinds een halfjaar heb ik een probleem. Het maakt niet uit hoe vroeg of hoe laat ik naar bed ga. Ik ben gewoon heel erg moe als ik voor elf uur opsta. Overigens kan ik wel gewoon om halfzes wakker worden als het moet, maar mijn lichaam heeft gewoon veel slaap nodig,” schrijft ‘Grandmommy’ op het forum van scholieren.com. Maar ze heeft geen schuldgevoel: “Het is typisch iets puberaals om met gemak minimaal twaalf uur te slapen, dat heeft met stoffen in je hersens te maken.”

Verslapen

‘Verslapen’ is een topic op het forum dat veel reacties oproept. ‘Paranoide’ schrijft: “Ik heb dat ook in zekere mate. Ik heb al van alles geprobeerd om m’n ritme goed te krijgen. Ik ging een tijdje rondom dezelfde tijd opstaan en naar bed. Het resultaat was dat ik urenlang wakker lag in bed, terwijl ik niet op mocht staan van mezelf. Ik probeerde homeopathische troep, maar die had geen effect. Zelfs nam ik een tijd lang zware slaapmiddelen, daarvan kreeg ik hallucinaties. Geen succes.”

Een anonieme scholier antwoordt met tips: “Ik ken het en vind het naar. In de zomer verslaap ik mezelf minder makkelijk dan in de winter, omdat het dan licht is. Dus in de winter zet ik een tijdschakelaar op mijn bureaulamp (naar & fel) en richt die op mijn bed. Ook zet ik een aantal wekkers en verplicht ik mezelf uit bed te stappen en mijn hoofd met koud water nat te maken als ik wakker word. Doorgaans helpt dit.”

Niet lui maar puber

Waarom hebben zoveel scholieren veel moeite met opstaan in de ochtend? Als je van de basisschool af komt, moet je vaak langer reizen naar de middelbare school, die soms ook vroeger begint. Maar dat is niet het enige verschil. Onderzoekers hebben ontdekt dat je na de basisschool langer slaapt. Ook allerlei andere processen in je lichaam zijn dan verschoven naar een later tijdstip. Lang slapen heeft dus vooral een biologische oorzaak.

‘Grandmommy’ noemde op het forum al dat lang slapen te maken heeft met stoffen in je hersens. Een stof die een belangrijke rol speelt bij het slapen heet melatonine. Deze stof wordt in een soort dagritme door je lichaam aangemaakt en afgebroken. Gewoonlijk stijgt ’s avonds de hoeveelheid en ’s ochtends daalt deze weer. Als het donker wordt, neemt de melatonine toe en krijg je slaap. Licht kan dit ritme van melatonine verschuiven of verstoren.

Biologische klok

Bijna alle organismen op aarde hebben een dagelijks ritme in zich: de biologische klok (figuur 1). Die zorgt ervoor dat je goed kunt omgaan met de dagelijks terugkerende veranderingen in je omgeving, zoals licht en donker, hogere en lagere temperaturen. De biologische klok heeft dus invloed op processen in je lichaam, waaronder je gedrag.



figuur 1 Biologische klok.

De biologische klok zit in een gebied in je hersens dat uit ongeveer 20 000 zenuwcellen bestaat. Samen produceren deze cellen een ritme dat zich ongeveer om de 24 uur herhaalt. De dagelijkse afwisseling van licht en donker zorgt ervoor dat de biologische klok elke dag ongeveer 'gelijkloopt'.

Vroeger, toen er nog geen elektrische verlichting was, was het 's avonds echt donker. Nu is het gemakkelijk om overal licht aan te doen. En steeds vaker kijk je naar de lichtgevende schermen van je telefoon, tablet, laptop of tv. Dit licht kan het ritme van je biologische klok verstoren en daarmee je slaapritme. Als je te weinig slaapt, is je geheugen slechter en ben je minder alert. Als je langere tijd slecht slaapt, heb je zelfs kans dat je agressief of depressief wordt.

Hogere cijfers

In 2014 hebben twee leerlingen van een middelbare school in Hardenberg, samen met de Rijksuniversiteit Groningen, voor hun profielwerkstuk onderzoek gedaan naar het slaaptekort

SCHERMKLEUREN

Een beeldscherm is opgebouwd uit lichtgevende streepjes, puntjes of vierkantjes die subpixels worden genoemd. Wat hun vorm ook is, de subpixels hebben bijna altijd dezelfde drie kleuren: rood, groen en blauw. Dat kun je zien als je een beeldscherm bekijkt met een sterk vergrootglas. Van een normale afstand bekeken smelten de afzonderlijke subpixels samen tot één beeld met allerlei kleuren.



Elke subpixel kan apart in- en uitgeschakeld worden. In een rood stukje beeld lichten alleen de rode subpixels op, in een groen stukje beeld alleen de groene subpixels enzovoort. Andere kleuren worden gemaakt door rood, groen en blauw licht met elkaar te mengen. Geel wordt bijvoorbeeld gemaakt door de rode en groene subpixels tegelijk te laten oplichten. Groen en rood licht geven gemengd dezelfde indruk als zuiver geel licht.

Dat rood en groen licht samen geel opleveren, heeft te maken met de manier waarop je ogen werken. In het netvlies komen drie soorten kegeltjes (lichtgevoelige cellen) voor, elk met hun eigen kleurgevoeligheid. Soort A reageert op rood, oranje en geel licht, soort B op geel, groen en blauwgroen licht en soort C op blauwgroen, blauw en violet licht. Een mengsel van rood en groen licht laat de kegeltjes A en B reageren – net zoals geel licht dat doet – en wordt daarom als geel waargenomen.

bij pubers. Ze onderzochten de relatie tussen het slaapritme en de schoolresultaten van 700 medeleerlingen van hun school. Vooral de oudere pubers met een 'late' biologische klok (figuur 2) scoorden voor toetsen gemiddeld een half punt slechter dan leerlingen met een 'vroege' biologische klok. De 'late' leerlingen maakten de toetsen die later op de dag waren een stuk beter. De middelbare school heeft na dit onderzoek het begin van de lessen verschoven van acht uur naar half negen of negen uur. Volgens een docent maakt dat de leerlingen blijer en alerter. Dus halen ze hogere cijfers.

> *"Als kinderen ongeveer veertien zijn, verschuiven hun slaap-waakritme en hun biologische klok. Ze willen veel langer in bed blijven liggen."*



figuur 2 Leerling met een 'late' biologische klok tijdens een toets in de vroege ochtend.

Blauw licht is actie

Licht heeft dus invloed op je biologische klok. Het grootste effect is afkomstig van blauw licht. Als de hemel blauw is, is het meestal zonnig weer en dat is te merken aan het humeur van veel mensen. Op een zonnige dag ben je vaak ook minder slaperig dan tijdens een grijze dag. Het spectrum van het licht dat wordt uitgezonden door het ledscherm van bijvoorbeeld je telefoon of je gameconsole bevat veel blauw. Door dit blauwe licht krijgen je hersens een seintje dat je wakker moet blijven, ook al is het avond. Iedereen is gevoelig voor blauw licht in de avond, maar het effect blijkt veel groter te zijn voor jongeren van vijftien tot zeventien jaar.

De concentratie van melatonine neemt minder toe, of zelfs af, als je in de twee uur voordat je gaat slapen bezig bent met je ledscherm. Bovendien, als je 's avonds nog lekker aan het appen of gamen bent, heeft die activiteit invloed op het moment dat je slaap krijgt. Je vergeet gemakkelijk de tijd en je gaat later slapen. Maar 's ochtends gaat wel weer de wekker. Je slaapt uiteindelijk minder lang.

Licht om mee wakker te worden

De tip die de anonieme scholier gaf op het forum is zo gek nog niet: wakker worden door een felle lamp met tijdschakelaar die op jou in bed is gericht. Je kunt met behulp van licht in de ochtend je biologische klok naar een eerdere fase schuiven. Dan ben je beter wakker voor die toets vroeg in de ochtend. Onderzoekers hebben ontdekt dat je 's ochtends sneller wakker wordt als je 30 tot 60 minuten in redelijk fel wit of blauw licht zit. Ook een wekkerlamp (figuur 3) is op dit principe gebaseerd. De lichtsterkte van deze lamp neemt langzaam toe vanaf een halfuur voordat je wekker gaat, net alsof de zon opkomt. Hoewel je ogen op dat moment nog gesloten zijn, word je gemakkelijker wakker en je voelt je de hele dag prettiger.



figuur 3 Wekkerlamp.

OPDRACHTEN

1

In figuur 3 zie je een wekkerlamp die je wakker maakt. Er bestaan ook wekkerlampen die een functie hebben waardoor je gemakkelijker in slaap valt.

a Welke eigenschappen zal de functie van de lamp voor het inslapen hebben?
b Zou je het licht van een telefoon kunnen gebruiken om in slaap te vallen?
c Zou je het licht van een telefoon kunnen gebruiken om sneller wakker te worden?

2

Bijna alle organismen hebben een dag-nachtritme.

a Noteer drie dieren die geen dag-nachtritme hebben.
b Noteer drie dieren die een omgekeerd dag-nachtritme hebben.
c Dieren die een omgekeerd dag-nachtritme hebben maken ook melatonine aan. Welke algemene conclusie kun je hieruit trekken voor dieren?

- ○ A Melatonine houdt dieren wakker.
- ○ B Melatonine stuurt de biologische klok aan van dieren.
- ○ C Melatonine wekt slaap op bij dieren.

3

De twee leerlingen van de middelbare school in Hardenberg die het profielwerkstuk schreven over slaap en schoolprestaties zijn Amy Pieper en Anne Siersema. Download dit profielwerkstuk: https://www.knawonderwijsprijs.nl/winnaars/winnaars-2014/de-invloed-van-chronotype-en-tijdstip-van-de-dag-op-schoolprestaties.
Amy en Anne schrijven over verschillende ‘chronotypes’.

a Welk chronotype ben jij?
b Amy en Anne geven aanbevelingen voor school (pagina 15). Noteer een voordeel en een nadeel als de school later begint.
c Amy en Anne geven ook aanbevelingen voor leerlingen (pagina 16). Noteer twee mogelijkheden waardoor jij beter kunt presteren op school.

Leerstofoverzicht

6.1 LICHT EN SCHADUW

ONTHOUD

- Een voorwerp dat zelf licht geeft, noem je een lichtbron. De zon en de sterren zijn natuurlijke lichtbronnen. Kunstmatige lichtbronnen zijn door de mens gemaakt.
- De meeste voorwerpen om je heen geven zelf geen licht. Je kunt ze alleen zien wanneer ze verlicht worden. Het licht dat op het voorwerp valt, wordt dan diffuus teruggekaatst. Je ziet het voorwerp als een deel van dit teruggekaatste licht in je ogen valt.
- Lichtstralen kun je tekenen als rechte lijnen, want licht beweegt langs rechte lijnen.
- Op een grotere afstand bewegen de lichtstralen van een lichtbron verder uit elkaar, waardoor het licht zwakker wordt.
- Als een voorwerp het licht van de lichtbron tegenhoudt, ontstaat er een schaduw. Dat is een gebied waar het licht niet rechtstreeks kan komen.
- De schaduw van een voorwerp kun je als volgt tekenen:
  - Teken de lichtstralen die net niet door het voorwerp tegengehouden worden. Deze heten de randstralen.
  - Kleur het gebied achter het voorwerp dat tussen de twee randstralen ligt. Dit is het gebied waar het licht niet rechtstreeks kan komen: het schaduwgebied.
- Als een voorwerp door twee lichtbronnen wordt verlicht, ontstaan er twee schaduwbeelden. Op de plaats waar die beelden over elkaar heen vallen, is de schaduw het donkerst. Dit noem je de kernschaduw. Links en rechts van de kernschaduw zie je een lichtere halfschaduw.

BEGRIPPEN

diffuus terugkaatsen
Licht dat door een voorwerp in alle richtingen wordt weerkaatst.

halfschaduw
Gebied in de schaduw waar slechts een (klein) deel van het licht kan komen.

kernschaduw
Gebied in de schaduw waar helemaal geen licht komt.

kunstmatige lichtbron
Lichtbron die door de mens is gemaakt, bijvoorbeeld: kaarsen, lampen en tl-buizen.

lichtstraal
Rechte lijn waarlangs licht beweegt.

natuurlijke lichtbron
Natuurlijk voorwerp dat licht uitzendt, zoals de zon.

randstralen
Lichtstralen die net niet door een voorwerp tegengehouden worden.

schaduw
Gebied waar het licht niet rechtstreeks kan komen.

6.2 SPIEGELBEELDEN

ONTHOUD

- In een spiegel zie je een levensecht beeld van je eigen wereld: het spiegelbeeld.
- Op de plaats waar een lichtstraal een spiegel raakt, teken je een lijn die loodrecht op de spiegel staat: de normaal. De hoek tussen de invallende lichtstraal en de normaal heet de hoek van inval. De hoek tussen de teruggekaatste lichtstraal en de normaal heet de hoek van terugkaatsing.
- Bij terugkaatsing door een spiegel geldt altijd: hoek van inval = hoek van terugkaatsing. Deze regel wordt de spiegelwet genoemd.
- Met de spiegelwet kun je tekenen hoe een lichtstraal door de spiegel teruggekaatst wordt.
  - Teken de normaal. De normaal staat altijd loodrecht op de spiegel.
  - Bepaal de hoek van inval.
  - Geef de hoek van terugkaatsing aan.
  - Teken de teruggekaatste lichtstraal.

BEGRIPPEN

hoek van inval
Hoek tussen de invallende lichtstraal en de normaal.

hoek van terugkaatsing
Hoek tussen de teruggekaatste lichtstraal en de normaal.

normaal
Hulplijn die loodrecht op de spiegel staat.

spiegelende terugkaatsing
Het licht wordt gericht weerkaatst en niet alle kanten op, zoals bij diffuse terugkaatsing.

spiegelbeeld
Beeld van iets dat via een spiegel wordt bekeken.

spiegelwet
Regel die zegt dat de hoek van inval gelijk is aan de hoek van terugkaatsing.

6.3 LICHT EN KLEUR

ONTHOUD

- Het witte zonlicht bestaat uit alle kleuren van de regenboog: rood, oranje, geel, groen, blauw en violet. Dat zie je als je zonlicht op een prisma laat vallen. Zo’n reeks kleuren wordt een spectrum genoemd.
- Met een zakspectroscoop kun je de samenstelling van licht onderzoeken. Als je in de spectroscoop kijkt, zie je een spectrum van het licht van bijvoorbeeld een lamp.
- Een gele trui weerkaatst vooral geel licht, een rode trui vooral rood licht, een blauwe trui vooral blauw licht enzovoort. Het licht dat niet wordt teruggekaatst, wordt geabsorbeerd. Het licht wordt daarbij omgezet in warmte.
- Witte voorwerpen kaatsen bijna al het licht terug. Zwarte voorwerpen kaatsen maar weinig licht terug. Bijna al het zonlicht wordt geabsorbeerd.
- Als je een paarse trui bekijkt onder een natriumlamp, lijkt hij zwart. Dat komt doordat de paarse trui voornamelijk paars licht terugkaatst. Het gele licht van de natriumlamp wordt bijna helemaal geabsorbeerd. De trui kaatst dus zo goed als geen licht terug, waardoor hij zwart lijkt.

BEGRIPPEN

absorberen
Opnemen; licht dat niet wordt teruggekaatst, wordt opgenomen.

prisma
Doorzichtig driehoekig stuk glas of kunststof.

spectrum
Reeks opeenvolgende kleuren die bijvoorbeeld zichtbaar is als licht door een prisma valt.

zakspectroscoop
Instrument om licht te bestuderen. Je kunt ermee zien uit welke kleuren licht bestaat.

6.4 INFRARODE EN ULTRAVIOLETTE STRALING

ONTHOUD

- Alle voorwerpen om je heen, maar ook mensen en dieren, zenden infrarode straling (ir-straling) uit. Warmtelampen zenden, behalve een beetje rood licht, vooral veel infrarode straling uit.
- In het spectrum van een ir-lamp vind je de infrarode straling naast het rood. De naam ‘infrarood’ betekent letterlijk ‘vóór het rood’.
- Infrarode straling wordt op verschillende manieren toegepast:
  - in de afstandsbediening van een tv;
  - in een buitenlamp die reageert op voorbijlopende mensen;
  - in alarminstallaties en in winkeldeuren die automatisch openen en sluiten;
  - in nachtkijkers die onzichtbare infrarode straling omzetten in een zichtbaar beeld.
- De zon straalt behalve licht ook ultraviolette straling (uv-straling) uit. Als je in de zon ligt, komt die straling op je huid terecht. Je huid reageert daarop door extra kleurstof aan te maken: je wordt bruin.
- Je moet oppassen dat er niet te veel ultraviolette straling op je huid terechtkomt. Als dat wel gebeurt, kun je last krijgen van zonnebrand (verbranding). Te veel ultraviolette straling vergroot de kans op huidkanker.
- Er zijn lampen die vooral ultraviolette straling uitzenden. Uv-lampen worden bijvoorbeeld gebruikt in zonnebanken en de blacklightlampen in discotheken.
- Hoog in de atmosfeer bevindt zich ozon. Dit gas houdt de meest schadelijke ultraviolette straling tegen.
- In het spectrum van een uv-lamp vind je ultraviolette straling rechts van het violet. Dat kun je aantonen met een fluorescerende stof. Zo’n stof gaat zelf licht geven als er ultraviolette straling op valt.

BEGRIPPEN

fluoresceren
Licht geven als er ultraviolette straling op valt.

infrarode straling
Onzichtbare straling die je kunt voelen als warmte.

ozon
Gas dat de meest schadelijke ultraviolette straling tegenhoudt.

ozonlaag
Luchtlaag hoog in de atmosfeer waarin ozon voorkomt.

ultraviolette straling
Onzichtbare, schadelijke straling die in zonlicht voorkomt.

uv-lamp
Lamp die vooral ultraviolette straling uitzendt.

warmtelamp
Lamp die vooral infrarode straling uitzendt.

Ga naar de *Flitskaarten* en de *Diagnostische toets*.

7 Het heelal

DE AARDE EN HET HEELAL

De aarde is een kleine planeet in een rustige hoek van het heelal. Op andere plaatsen is het veel levendiger, zoals in dit gebied in het sterrenbeeld Orion. Astronomen doen veel onderzoek naar dit soort gebieden, om zo een beter beeld te krijgen van wat er zich allemaal afspeelt in het heelal.





1 Sterren, zon en maan

LEERDOELEN

7.1.1 Je kunt beschrijven hoe de sterren (vanaf de aarde) langs de hemel lijken te bewegen.
7.1.2 Je kunt toelichten wat met zon, aarde en maan bedoeld wordt.
7.1.3 Je kunt toelichten wat bedoeld wordt met 'aardas' en 'noordelijke hemelpool'.
7.1.4 Je kunt de bewegingen beschrijven die de aarde maakt.
7.1.5 Je kunt uitleggen wat de oorzaak is van de seizoenen en de verschillen in daglengte.
7.1.6 Je kunt uitleggen hoe de schijngestalten van de maan eruitzien en hoe ze ontstaan.
EXTRA 7.1.7 Je kunt met tekeningen uitleggen hoe een zonsverduistering ontstaat.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN						
	7.1.1	7.1.2	7.1.3	7.1.4	7.1.5	7.1.6	7.1.7
Onthouden	1a, 2a	2f, 3b	1bc	2b	1d, 2d, 8	1e, 2ce	11
Begrijpen	3a			6ab	10bcde		12, 13b
Toepassen	3c				4ab, 10a	7ab	13a
Analyseren				6c	4c, 5ab, 9		

Mensen volgen al duizenden jaren de bewegingen van de zon, van andere sterren en van de maan. Het is net alsof de aarde stilstaat en de zon en andere sterren bewegen. Maar dat blijkt niet te kloppen.

DE STERREN

PROEF 1

Om de sterrenhemel goed te zien, moet je ergens naartoe gaan waar het 's nachts echt donker is. In Nederland is dat lastig: er is te veel licht uit andere lichtbronnen. Op eenzame plaatsen, ver van grote steden, gaat het beter. Daar kun je op een heldere nacht zonder maan meer dan tweeduizend sterren aan de hemel zien staan.

Als je regelmatig naar die sterren kijkt, ga je al snel bepaalde patronen herkennen. Groepjes sterren vormen herkenbare figuren, die altijd dezelfde vorm en grootte hebben. Zo'n figuur noem je een **sterrenbeeld**. Een bekend voorbeeld is de jager Orion (figuur 1). Er staan 88 sterrenbeelden aan de hemel, elk met een eigen naam.



figuur 1 Het sterrenbeeld Orion kun je herkennen aan de drie sterren die zijn gordel vormen.

Als je sterren een tijdje volgt, zie je dat ze langs de hemel bewegen. In het oosten komen voortdurend sterren op. Ze bewegen schuin omhoog, in een grote boog naar het zuiden. Daar bereiken ze hun hoogste punt. Daarna dalen ze weer, tot je ze in het westen onder de horizon ziet verdwijnen.

Sterren die in het noordoosten opkomen, blijven lang boven de horizon. Ze bereiken hun hoogste punt (bijna) recht boven je hoofd. En in het noorden heb je sterren die helemaal niet ondergaan. Ze bewegen in grote cirkels rond een centraal punt, hoog aan de hemel. Dit punt noem je de **noordelijke hemelpool**. Hier staat een heldere ster, die de Poolster wordt genoemd (figuur 2).



figuur 2 Sterren bewegen in banen rond de noordelijke hemelpool.

Astronomen hebben lang gedacht dat de aarde stilstond en dat de sterren bewogen. Maar dat klopt niet. De sterren staan stil en de aarde draait rond haar **aardas**. Dat is een denkbeeldige lijn door de aarde die naar de Poolster wijst (figuur 3). Dat de sterren van het oosten naar het westen bewegen komt doordat de aarde juist van het westen naar het oosten draait, dus tegen de wijzers van de klok in. Deze draaiing van de aarde duurt iets minder dan 24 uur.

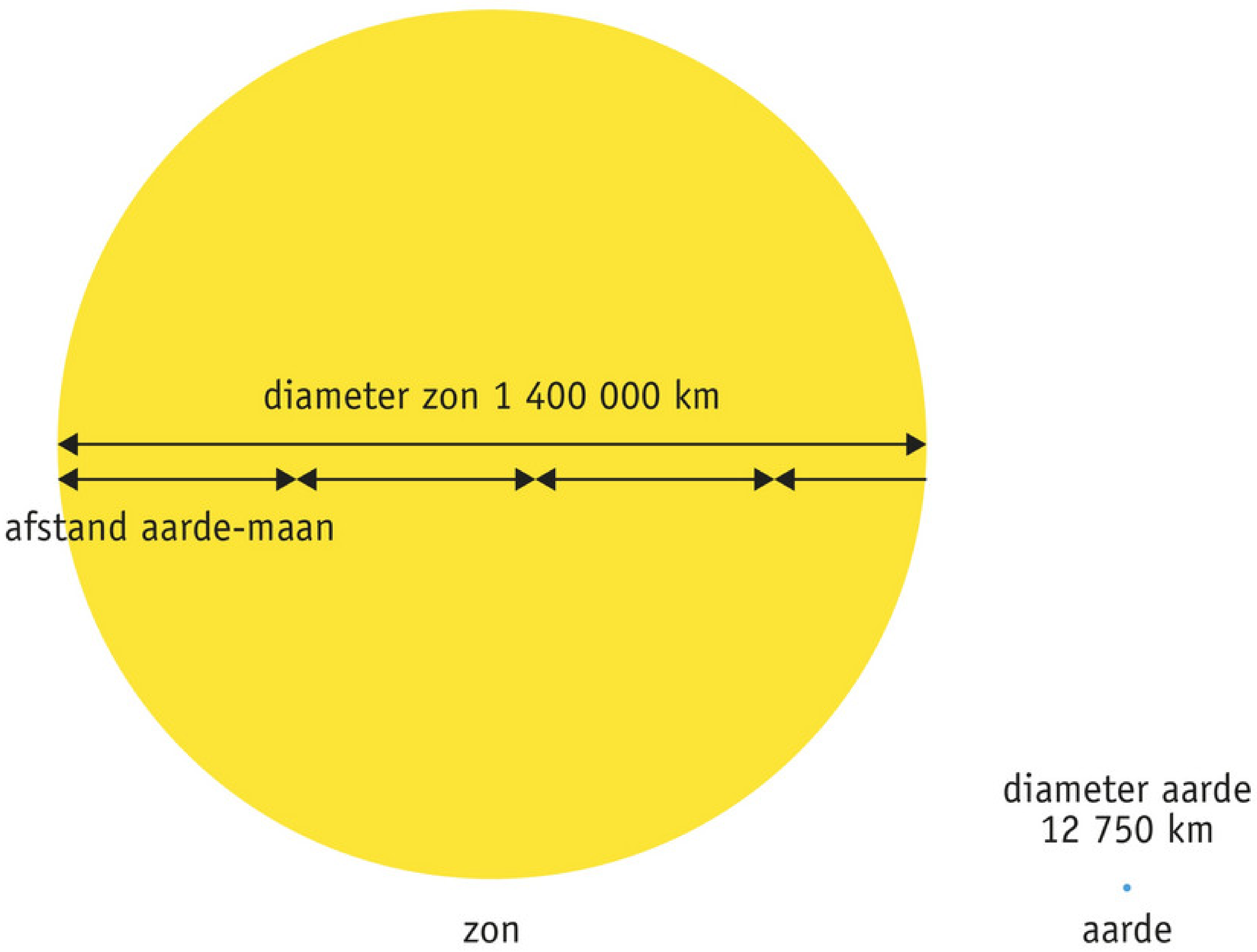
De zon schijnt steeds maar op één kant van de aarde. Aan die kant is het dag en aan de andere kant is het juist nacht (figuur 3). Door de draaiing van de aarde om haar as wisselen dag en nacht elkaar steeds af.



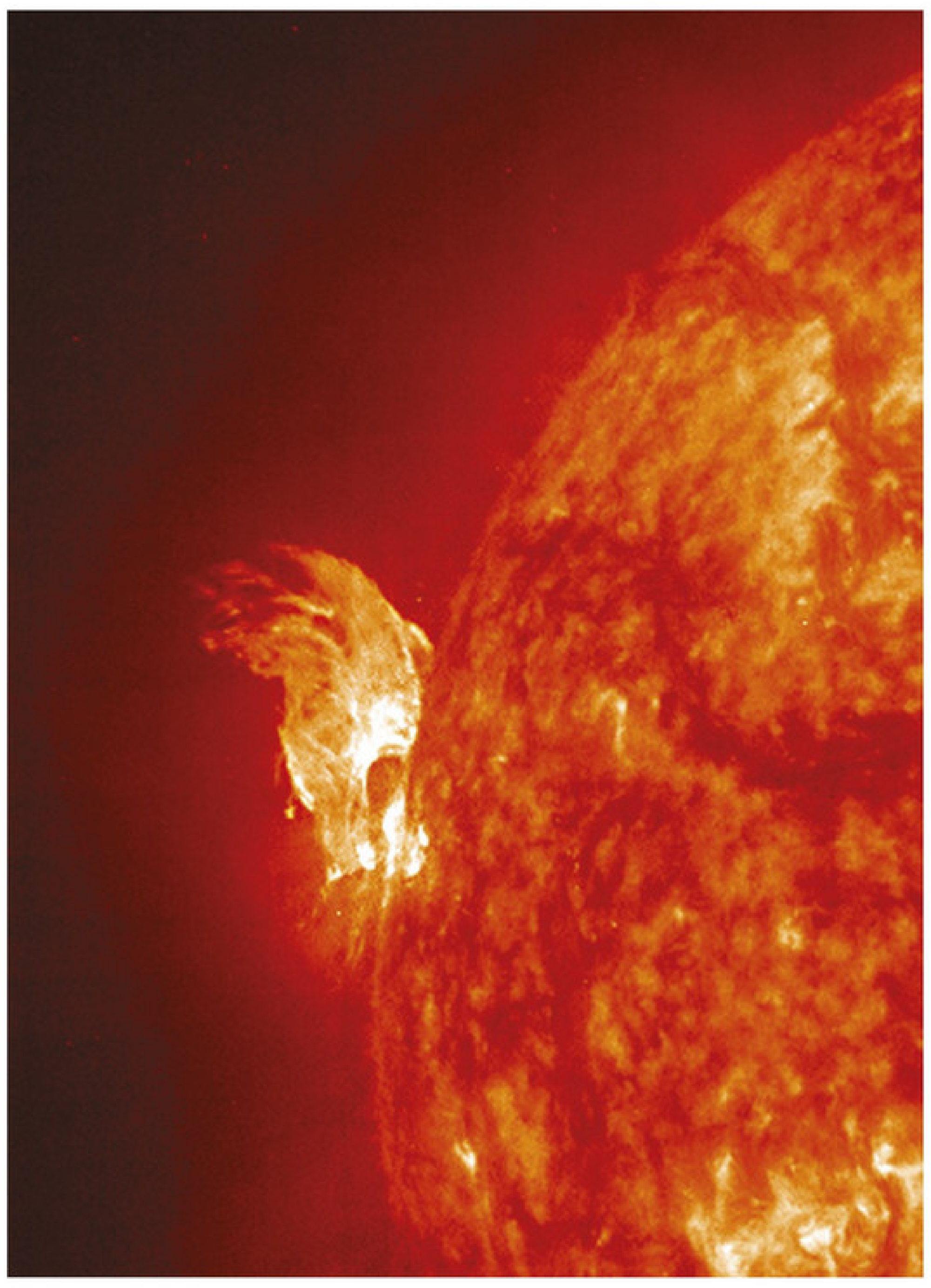
figuur 3 Doordat de aarde rond haar as draait, ontstaan dag en nacht.

DE ZON

Als je op een zonnige dag naar de hemel kijkt, dan zie je een ronde, gele bol: de zon. De diameter van de zon is ongeveer 1 400 000 km. Dat is ruim honderd keer groter dan de diameter van de aarde (figuur 4). De afstand van de aarde tot de maan past ongeveer 3,6 keer in de zon.



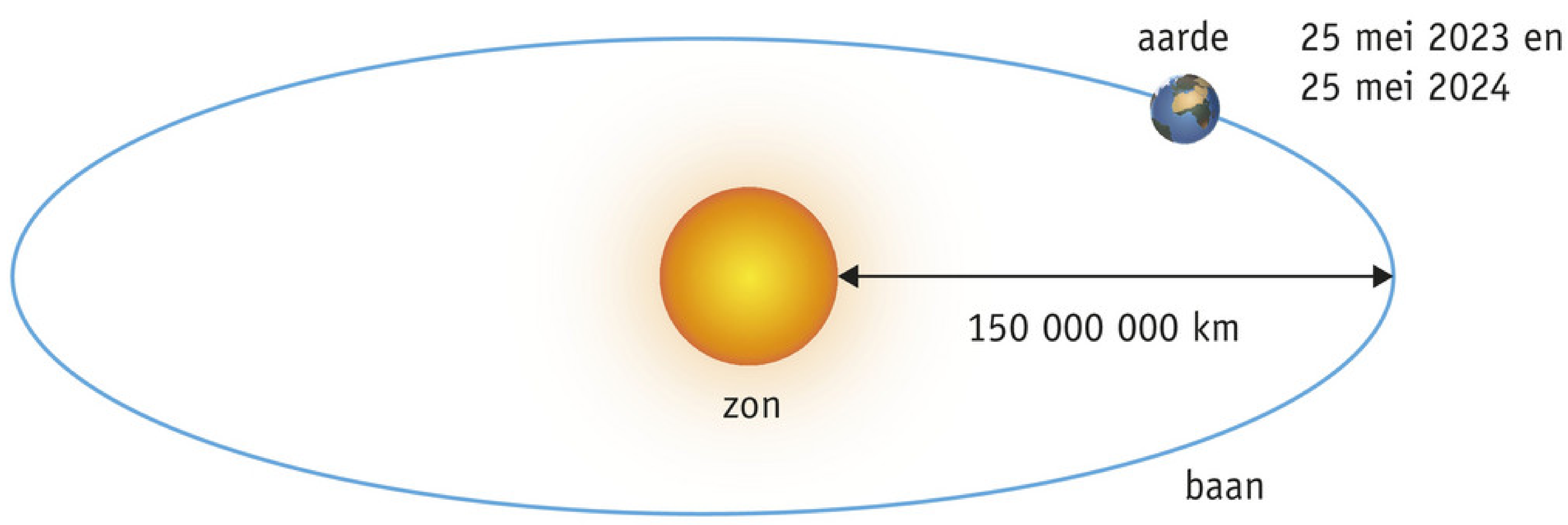
figuur 4 De zon is heel groot.



figuur 5 De hete zon.

De temperatuur binnen in de zon is heel erg hoog: 15 miljoen °C. De buitenkant van de zon heeft een temperatuur van ongeveer 5800 °C (figuur 5). Dat is zo heet, dat je op aarde de warmte van de zon kunt voelen.

Voor 1500 dachten astronomen dat de zon rond de aarde draaide, net als de sterren. Daarna zijn ze ervan overtuigd geraakt dat het juist de aarde is die rond de zon beweegt. De aarde draait in een jaar rond de zon. De aarde draait haar baan op een afstand van gemiddeld 150 miljoen km van de zon (figuur 6).

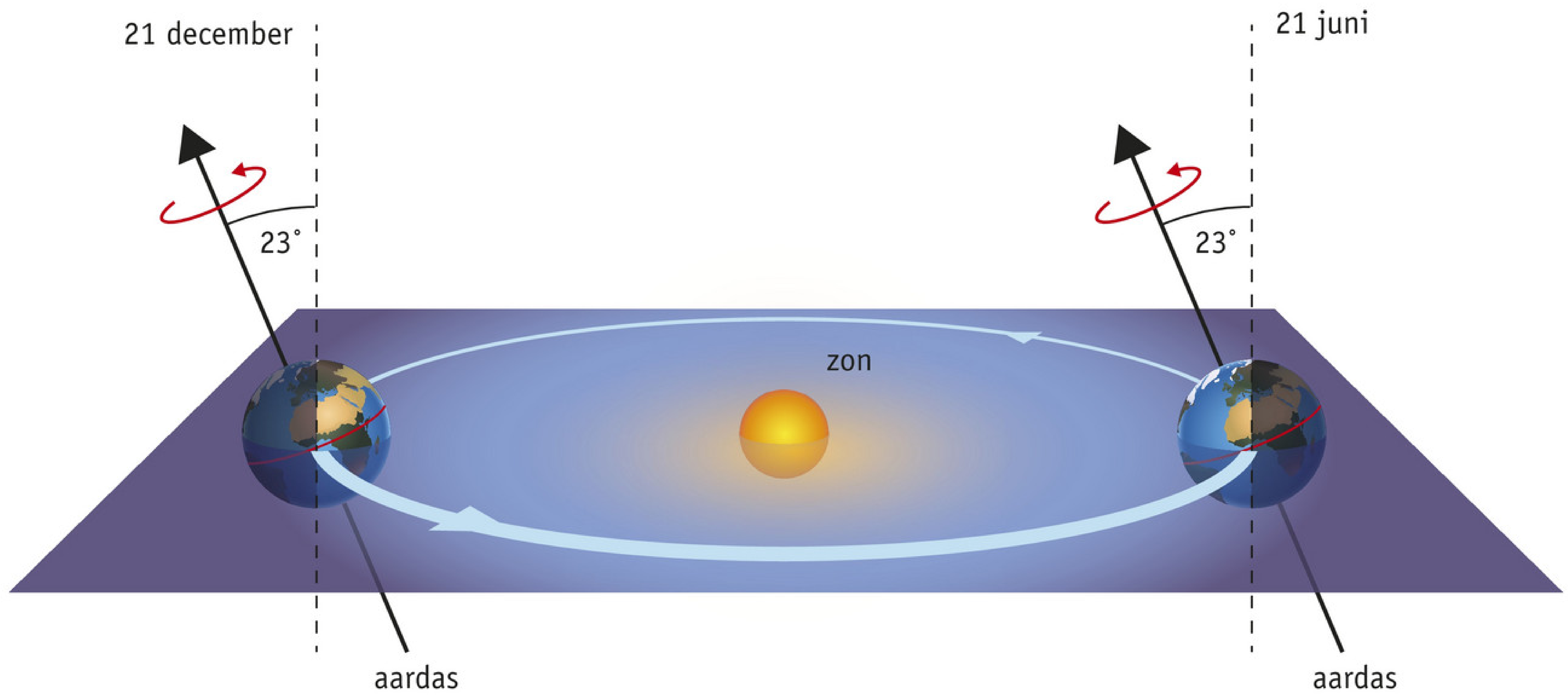


figuur 6 De aarde draait in één jaar rond de zon.

DE SEIZOENEN

De aarde draait rond de aardas. In figuur 7 zie je dat de aardas niet loodrecht staat op het vlak waarin de aarde om de zon draait. De aardas maakt een hoek van 23° met een lijn loodrecht op dat vlak.

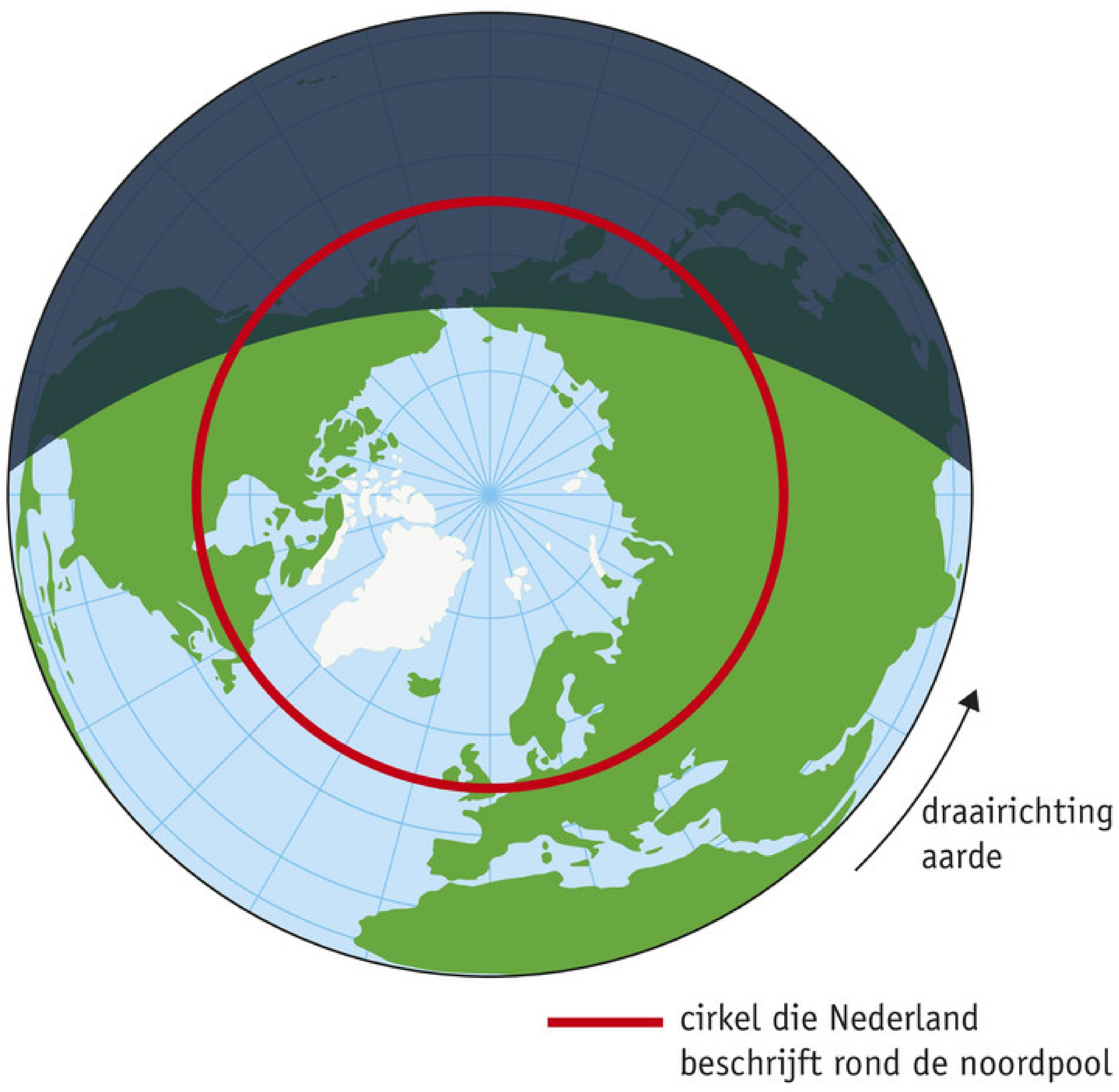
Hierdoor is een deel van het jaar het noordelijke deel van de aarde naar de zon gekeerd. Het is dan zomer in Nederland. Een half jaar later is het noordelijke deel van de aarde het meest van de zon afgekeerd. In Nederland is het dan winter.



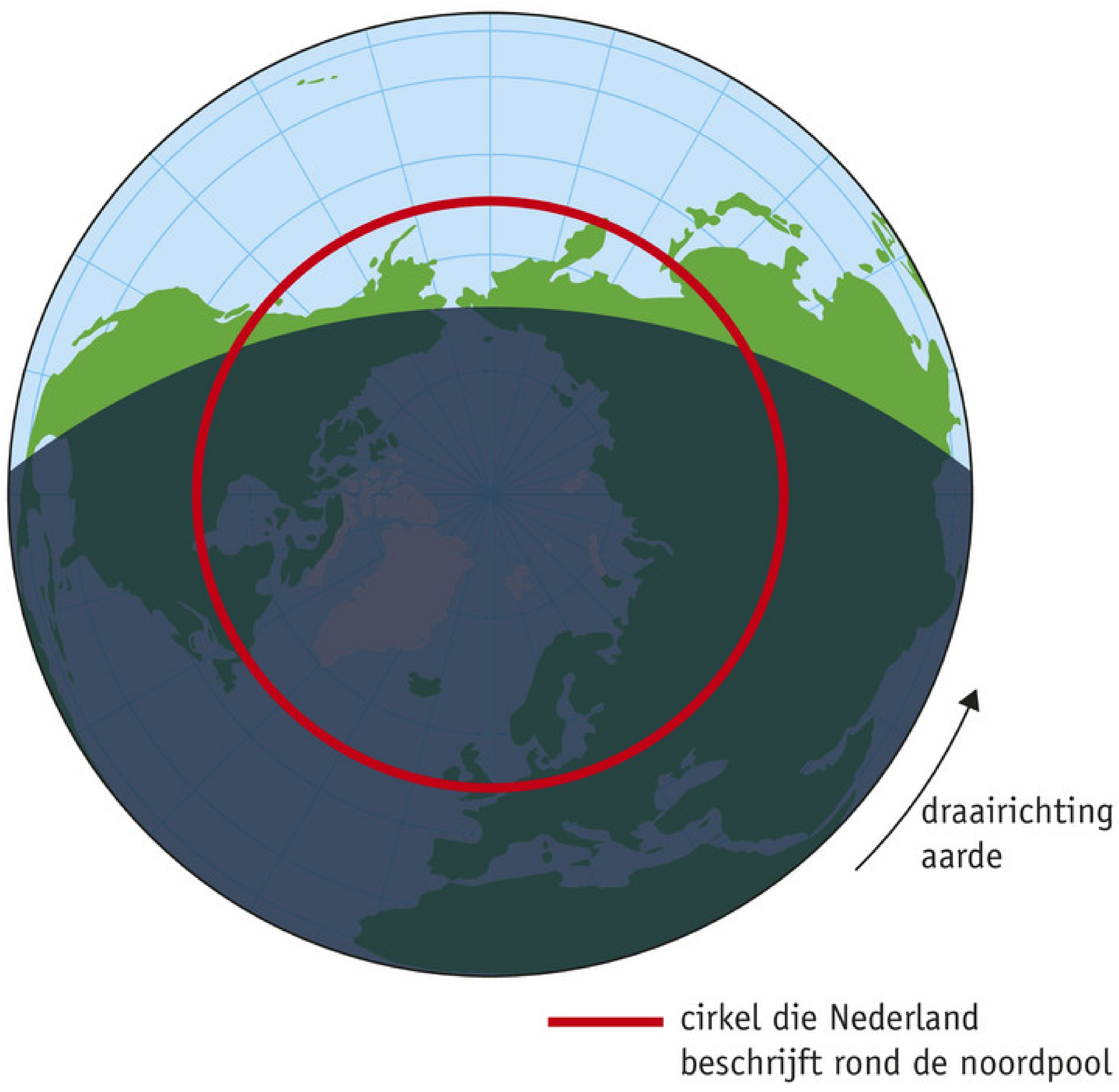
figuur 7 De aarde draait rond de zon en rond de aardas.

Op 21 juni is de noordpool het meest naar de zon toegekeerd. In figuur 8 is getekend hoe het zonlicht dan op de aarde valt. Het noordelijk halfrond bevindt zich voor het grootste deel in het licht. Op deze datum duurt de dag het langst en de nacht het kortst.

Een half jaar later, op 21 december, bevindt de aarde zich aan de andere kant van de zon. De noordpool is nu het verst van de zon afgekeerd. Daardoor bevindt het noordelijk halfrond zich grotendeels in het donker (figuur 9). Op deze datum duurt de nacht het langst en de dag het kortst.



figuur 8 De aarde gezien van boven de noordpool, op 21 juni.



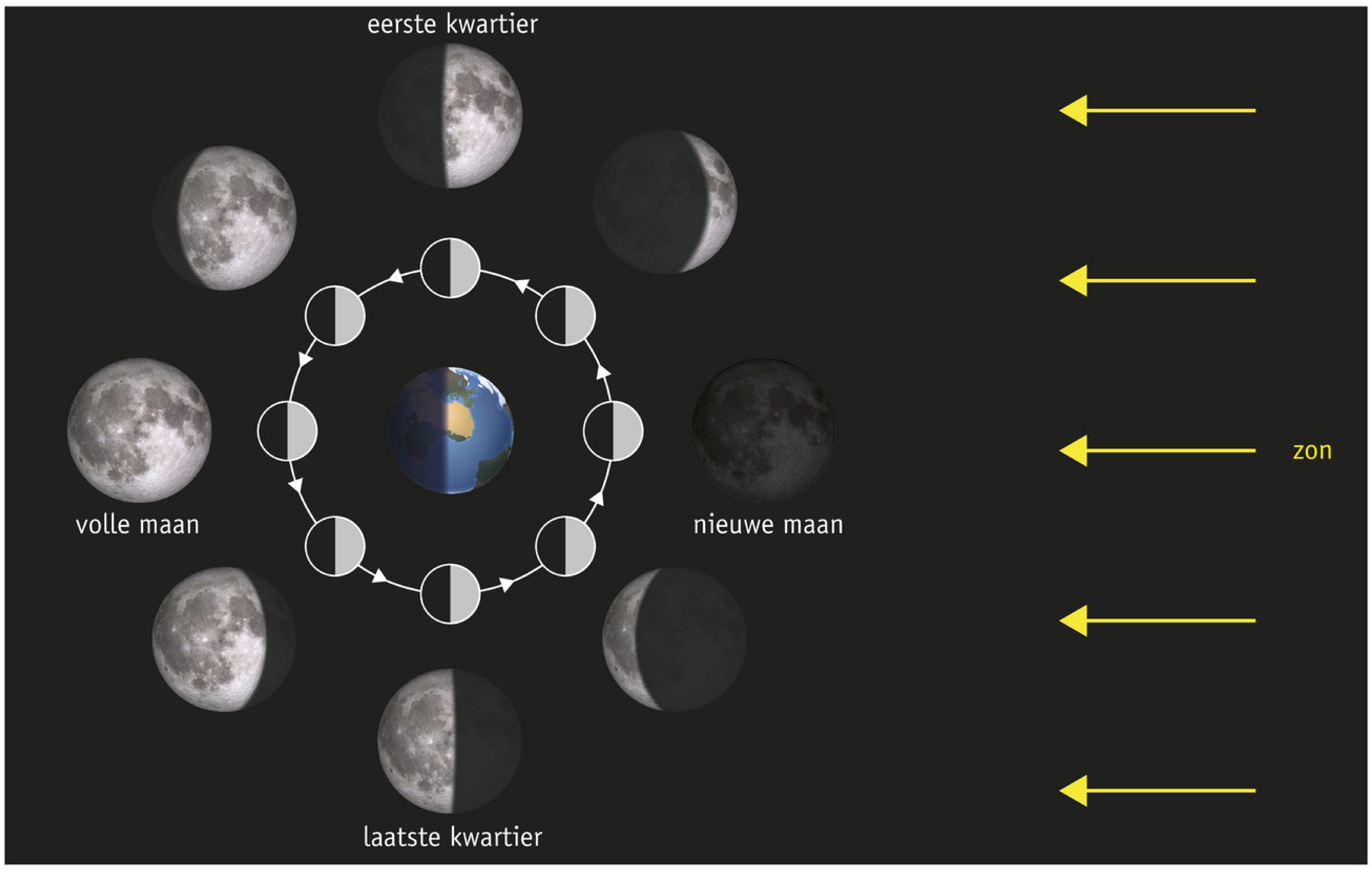
figuur 9 De aarde gezien van boven de noordpool, op 21 december.

DE MAAN

PROEF 2

De maan is na de zon het meest opvallende hemellichaam. In tegenstelling tot de zon en de sterren geeft de maan zelf geen licht. Je ziet de maan doordat deze het zonlicht terugkaatst. Vanaf de aarde gezien lijken de maan en de zon even groot. Dat komt doordat de maan veel dichter bij de aarde staat dan de zon. In werkelijkheid is de zon vele malen groter.

De maan draait in een baan rond de aarde, net zoals de aarde rond de zon draait. Een keer in ongeveer 29 dagen staat de maan tussen de aarde en de zon in. De donkere kant is dan naar de aarde toegekeerd. Je ziet de maan dan niet. Dit noem je **nieuwe maan**. Ruim zeven dagen later zie je een halve maan. Dat noem je eerste kwartier. Weer ruim zeven dagen later staat de maan aan de andere kant van de aarde. Je kijkt dan tegen het verlichte deel aan. Dan is het **volle maan**. Na ongeveer zeven dagen is het laatste kwartier. Dan zie je weer een halve maan, maar precies de andere helft dan bij eerste kwartier. Je noemt die verschillende gedaanten van de maan **schijngestalten** of **fasen** (figuur 10).



figuur 10 De schijngestalten van de maan. In de buitenste ring is de maan afgebeeld zoals je hem ziet vanaf de aarde.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

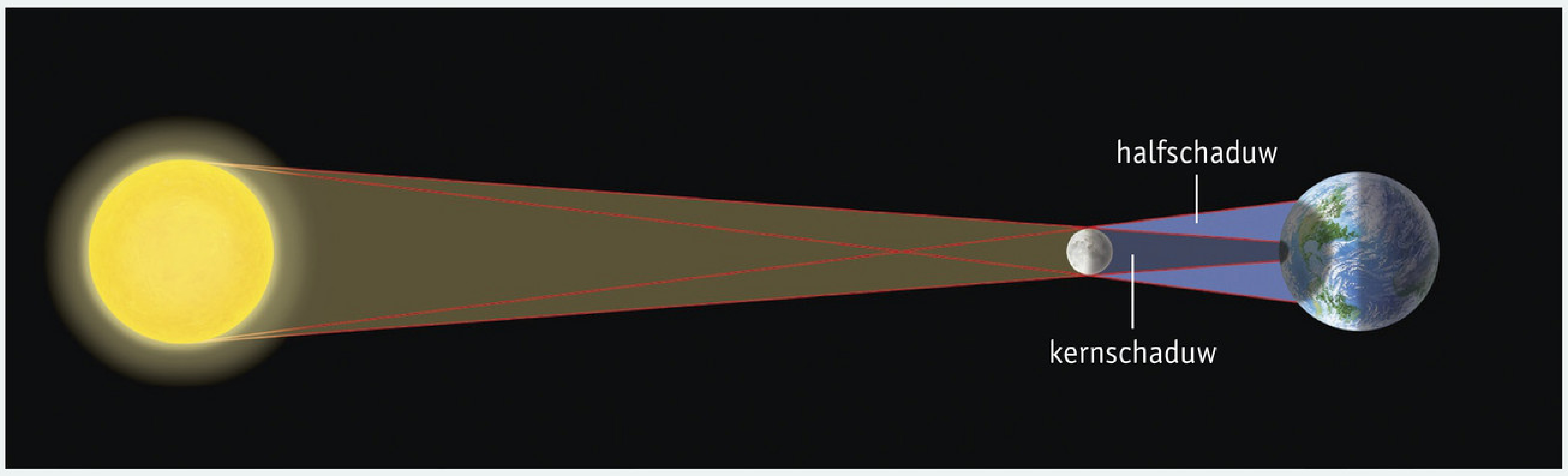
EXTRA ZONSVERDUISTERINGEN

Een zonsverduistering ontstaat doordat de maan, vanuit de aarde gezien, voor de zon langs beweegt. Het begint ermee dat de maan een hapje neemt uit de zonneschijf. Dat hapje groeit al gauw tot een flinke hap. Op een gegeven moment staat de maan recht voor de zon. De zonsverduistering is dan totaal (figuur 11). Het wordt dan donker om je heen en je kunt de sterren aan de hemel zien staan.



figuur 11 Een zonsverduistering; de zwarte schijf is de maan.

Bij een zonsverduistering beweegt de aarde door de kegelvormige schaduw van de maan. Een klein gebied op aarde ligt dan in de kernschaduw van de maan. Daar is op dat moment een volledige zonsverduistering te zien (figuur 12). De mensen in het gebied daaromheen bevinden zich in de halfschaduw van de maan: zij zien de zon gedeeltelijk verduisterd.



figuur 12 De zon, de aarde en de maan bij een zonsverduistering (niet op schaal).

De maan verduistert de zon niet bij elke nieuwe maan. Dat komt doordat de baan van de maan een hoek van 5,1° maakt met het vlak waarin de aarde rond de zon draait. Tijdens de ene helft van zijn omloop beweegt de maan boven dit vlak, tijdens de andere helft eronder. Daardoor beweegt de maan bij nieuwe maan meestal (vanuit de aarde gezien) net iets boven of onder de zon langs. Alleen als de maan net bij nieuwe maan dit vlak passeert, ontstaat er een zonsverduistering.

De opdrachten in deze paragraaf gaan ervan uit dat je de sterrenhemel ergens vanuit Nederland bekijkt, tenzij in de opdracht duidelijk iets anders staat aangegeven.

LEERSTOF

1 Vul in:

a Een .... is een groepje sterren dat een herkenbare figuur vormt en een eigen .... heeft gekregen.

b De .... is een heldere ster die in het verlengde van de aardas in het noorden hoog aan de hemel staat.

c De .... maakt een hoek van 23° met een lijn loodrecht op het vlak waarin de baan van de aarde ligt.

d Als de .... van de aarde naar de zon is toegekeerd, is het zomer op het noordelijk en winter op het zuidelijk ....

e Bij .... maan kijk je tegen het donkere deel van de maan aan; bij .... maan is het verlichte deel volledig te zien.

2 Geef van elke uitspraak aan of hij waar of onwaar is

a In het noorden kun je sterren aan de hemel zien staan die nooit ondergaan. *waar / onwaar*

b De aarde draait in een jaar om haar eigen as. *waar / onwaar*

c De maan draait in een baan rond de zon. *waar / onwaar*

d 21 december is op het zuidelijk halfrond de langste dag van het jaar. *waar / onwaar*

e De maan is alleen zichtbaar doordat hij door de zon wordt verlicht. *waar / onwaar*

f De zon en de maan verschillen qua grootte maar weinig van elkaar. *waar / onwaar*

TOEPASSING

3 In figuur 2 zie je een tijdopname van de sterrenhemel. Zo'n opname wordt gemaakt met een camera op een statief. Tijdens het maken van de foto laat de fotograaf de sluiter lange tijd openstaan. Op de foto worden dan de banen vastgelegd die de sterren langs de hemel beschrijven.

a Waaraan zie je dat deze foto richting het noorden genomen is?

b Hoe wordt het centrale punt genoemd waar alle sterren op de foto omheen draaien?

c Op de foto zie je een deel van de cirkels die sterren pal in het noorden beschrijven. Leg uit waarom het niet mogelijk is om een volledige cirkel vast te leggen.

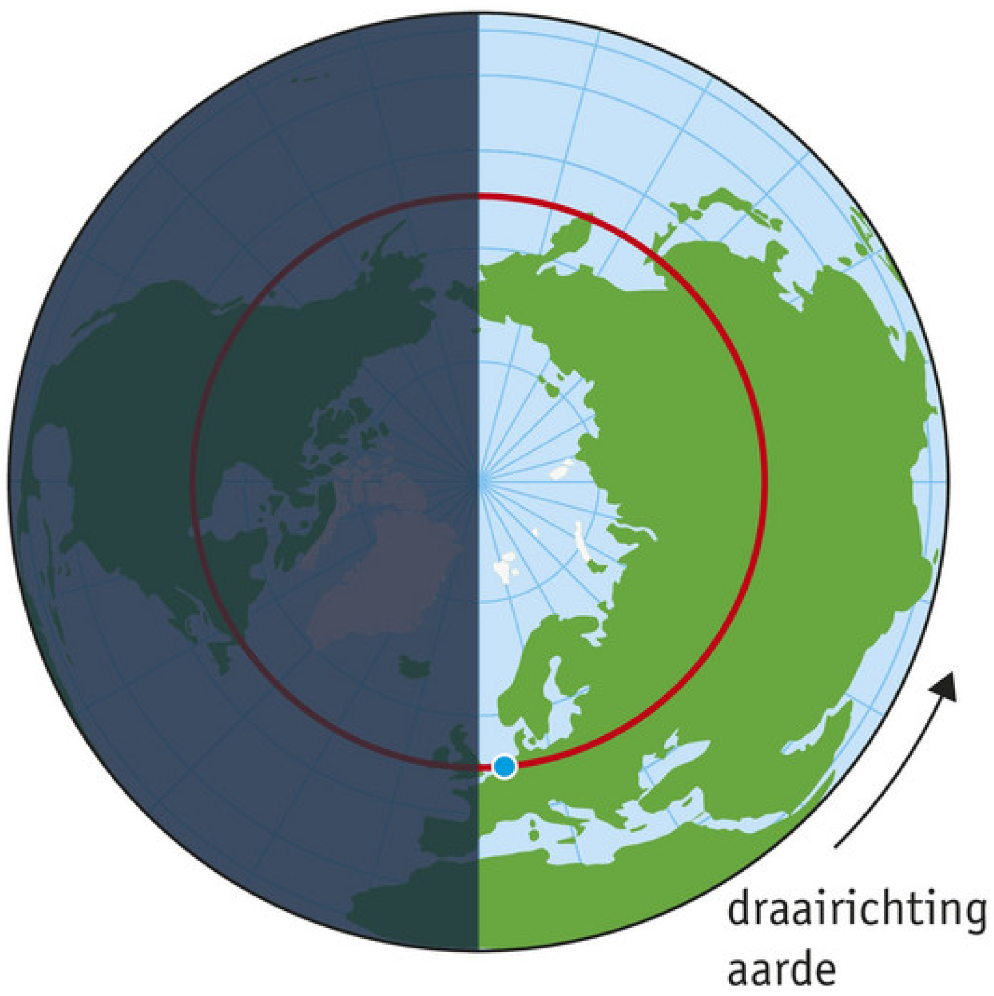
4 In figuur 13 bekijk je de aarde recht boven de noordpool op 21 maart. Nederland draait rond in de rode cirkel.

a Hoelang duurt de nacht op 21 maart? .... uur

b Hoelang duurt de dag op 21 maart? .... uur

c Op welke andere dag van het jaar wordt de aarde net zo door de zon beschenen als op 21 maart?

- ○ A 21 juli
- ○ B 21 augustus
- ○ C 21 september
- ○ D 21 oktober

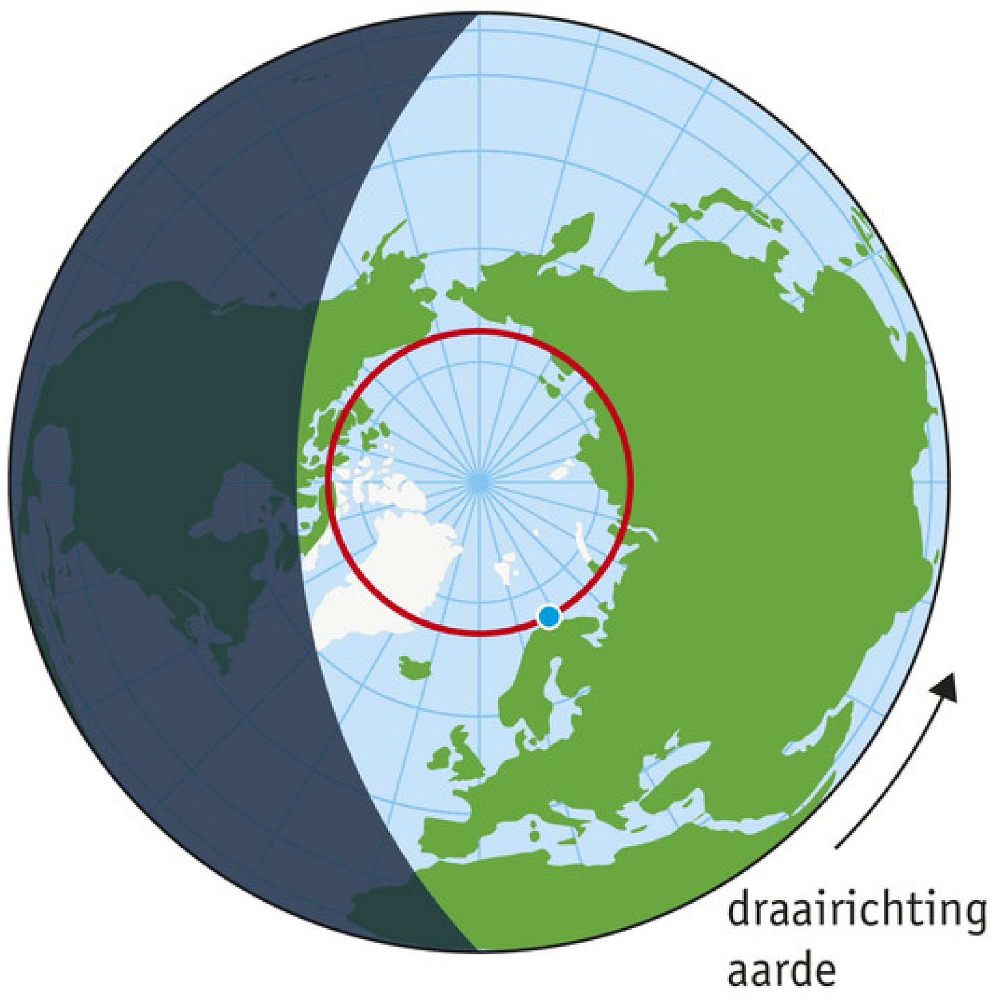


figuur 13 De aarde gezien van boven de noordpool, op 21 maart.

5 In figuur 14 bekijk je de aarde recht boven de noordpool op 21 juni. De rode cirkel geeft het noordelijkste puntje van Europa aan: de Noordkaap.

a Hoelang duurt de nacht op de Noordkaap op 21 juni? .... uur

b Hoelang duurt de nacht op de Noordkaap op 21 december? .... uur



figuur 14 De aarde gezien van boven de noordpool, op 21 juni.

6 De eenheden dag en jaar zijn afgeleid van de bewegingen van de aarde.

a Hoe hangt een dag samen met de beweging van de aarde?

b Hoe hangt een jaar samen met de beweging van de aarde?

c Ook op andere planeten worden dagen en jaren op deze manier bepaald. Nu blijkt dat op Venus een dag langer duurt dan een jaar.
Leg uit hoe dat kan.

7 Op 1 april 2022 is het nieuwe maan.

a Op welke dag is het dan volle maan?

○ A 9 april 2022
○ B 16 april 2022
○ C 23 april 2022
○ D 30 april 2022

b Op welke dag is het dan weer nieuwe maan?

○ A 16 april 2022
○ B 23 april 2022
○ C 30 april 2022
○ D 7 mei 2022

8 Waarom is het in Nederland in juli zomer?

○ A Omdat de zon dan dicht bij de aarde staat.
○ B Omdat het noordelijk gedeelte van de aarde dan naar de zon is gekeerd.

★ 9 De aardas staat scheef op het vlak waarin de aarde rond de zon beweegt. De aardas maakt een hoek van 23° met een lijn loodrecht op dit vlak.
Welke twee dingen zouden er in Nederland echt anders zijn als de aardas precies loodrecht op dit vlak zou staan?

10 In figuur 15 zie je hoe de maan eruitzag in een periode van twee weken in oktober 2020. Onder elke foto staat de tijd van de maanopkomst en de maanondergang.

a Wat kun je zeggen over het moment waarop de maan elke dag opkomt?

b Wanneer gaat de maan ’s ochtends op en ’s avonds onder, net als de zon?

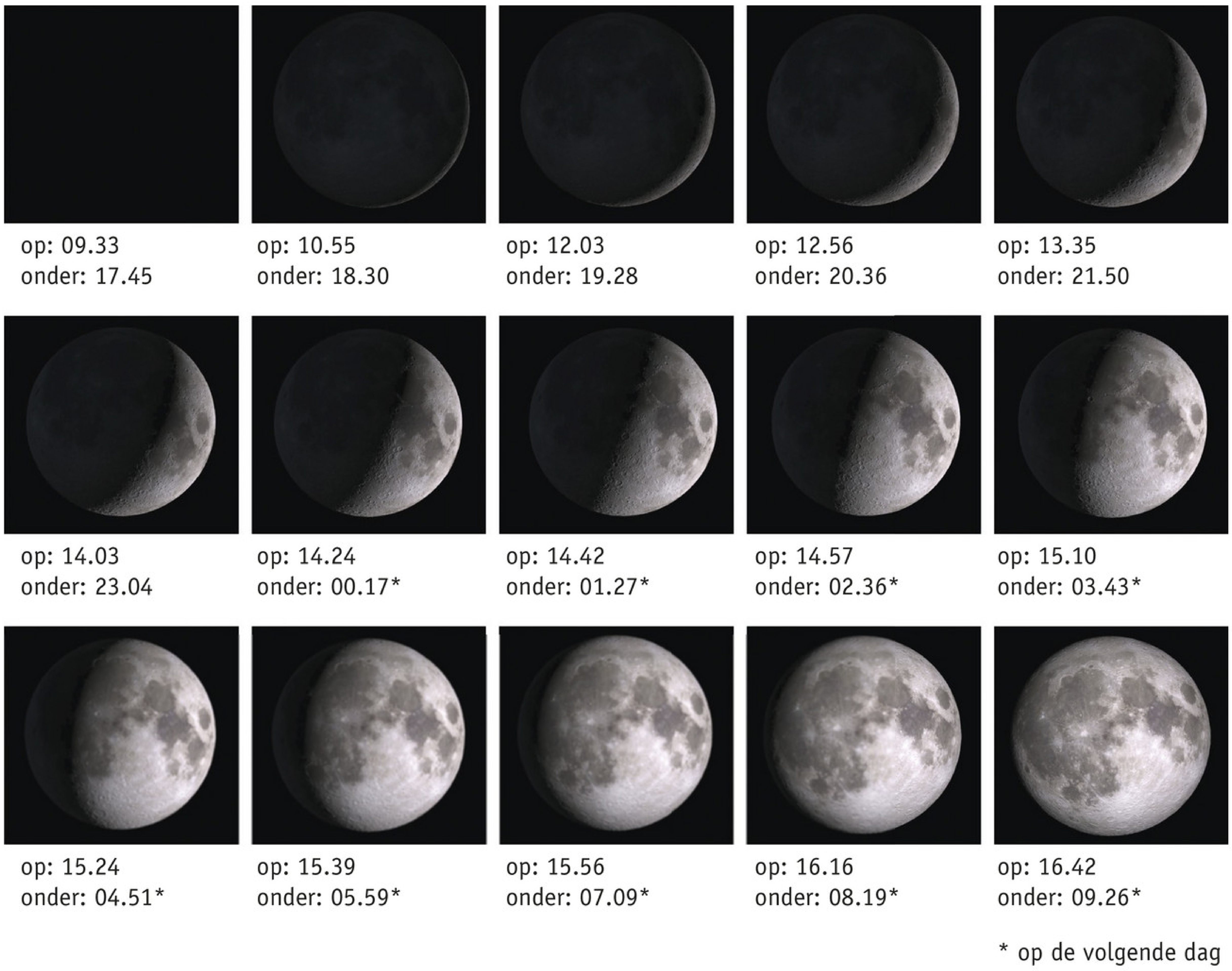
○ A bij nieuwe maan
○ B bij halfvolle maan
○ C bij volle maan

c Waar bevindt de maan zich dan, ten opzichte van de aarde en de zon?

d Wanneer gaat de maan ’s avonds op en ’s ochtends onder, dus net andersom dan de zon?

○ A bij nieuwe maan
○ B bij halfvolle maan
○ C bij volle maan

e Waar bevindt de maan zich dan, ten opzichte van de aarde en de zon?



figuur 15 Maanopkomst en maanondergang van 16 tot en met 31 oktober 2020.

Test je kennis met de *Test jezelf*.

EXTRA ZONSVERDUISTERINGEN

11 Bij een zonsverduistering staat de *aarde* / *maan* tussen de zon en de *aarde* / *maan*.

12 Het komt vaak voor dat een zonsverduistering nergens op aarde volledig is. Je kunt dan zien dat de maan een flinke hap uit de zon neemt, maar daar blijft het bij. De zon wordt dan nergens op aarde volledig verduisterd.
Leg uit hoe zo'n gedeeltelijke zonsverduistering ontstaat. Gebruik de woorden 'kernschaduw' en 'halfschaduw'.

13 Beantwoord de volgende vragen.

a Maak een schets van een zonsverduistering op aarde. Teken hiervoor de zon, de maan en de aarde. Zet de namen van de hemellichamen er in de schets bij.

b Waarom is een totale zonsverduistering maar in een heel klein gebied op aarde te zien?

2 Het zonnestelsel

LEERDOELEN

7.2.1 Je kunt uitleggen hoe een astronoom planeten kan onderscheiden van echte sterren.
7.2.2 Je kunt beschrijven hoe de acht planeten in het zonnestelsel rond de zon bewegen.
7.2.3 Je kunt de namen van de planeten opsommen, in volgorde van hun afstand tot de zon.
7.2.4 Je kunt de belangrijkste verschillen benoemen tussen de aardse en de reuzenplaneten.
7.2.5 Je kunt afstanden omrekenen van km naar AE en omgekeerd.
EXTRA 7.2.6 Je kunt uitleggen wat kometen zijn en hoe ze eruitzien tijdens hun baan rond de zon.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN					
	7.2.1	7.2.2	7.2.3	7.2.4	7.2.5	7.2.6
Onthouden	1b	1ae	2	1cd	3ab	
Begrijpen	4ab	5ab, 6a, 9b			3cd	14a
Toepassen		5c, 9c			7, 8, 10a, 12ab	13abd, 14c
Analyseren	9de	6b, 9a, 11abc			10bc	13c, 14bd

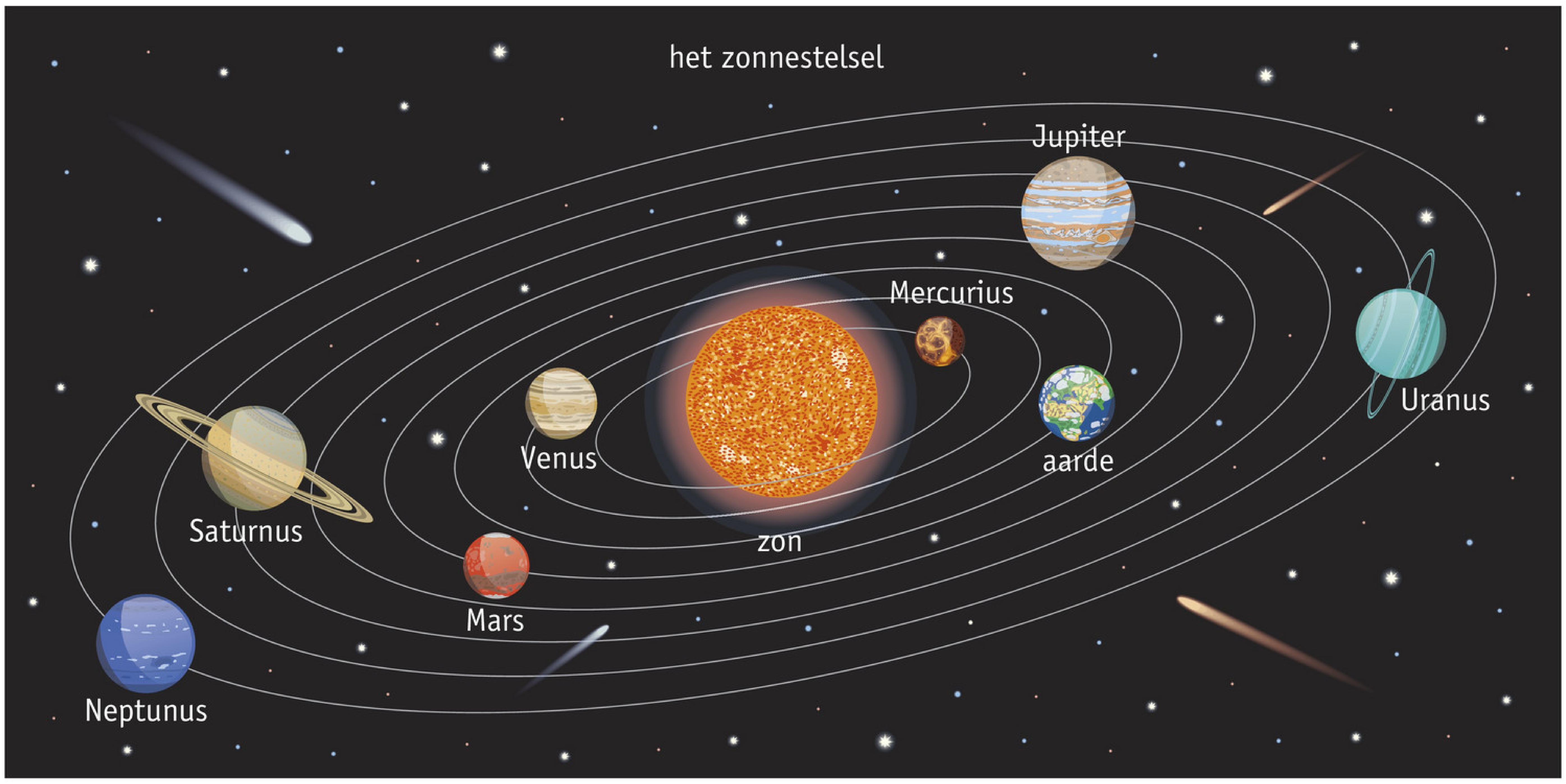
Behalve de aarde bewegen er nog zeven andere planeten rond de zon. Vijf daarvan zijn vanaf de aarde goed te zien. Ze hebben hun namen al in de oudheid gekregen: Mercurius, Venus, Mars, Jupiter en Saturnus. Uranus en Neptunus zijn pas later ontdekt, in 1781 en in 1846.

DE PLANETEN

Planeten lijken vanaf de aarde gezien veel op sterren. Met het blote oog zien ze eruit als kleine lichtpunten. Als je sterren en planeten door een telescoop bekijkt, is er wel een verschil. Een ster blijft dan een punt; de telescoop zorgt er alleen voor dat de ster helderder wordt. Maar een **planeet** wordt dan een schijf, met een eigen, kenmerkend uiterlijk.

Voor astronomen is er nog een ander, belangrijk verschil. Sterren hebben een vaste plaats aan de sterrenhemel. Ten opzichte van elkaar bewegen ze niet. Bij de planeten is dat anders. Die bewegen net als de zon langs de hemel. Ze doen dat wel allemaal in een ander tempo: Mercurius het snelst, Neptunus het langzaamst.

In figuur 1 zie je een model van het zonnestelsel. Het model is niet op schaal. In werkelijkheid zijn alle afstanden veel groter. Ook zijn de zon en de planeten niet op schaal getekend. Er is nog een derde verschil. In het model lijken alle planeetbanen allemaal in één plat vlak te liggen. In werkelijkheid wijken ze daar iets van af: de een wat meer, de ander wat minder.

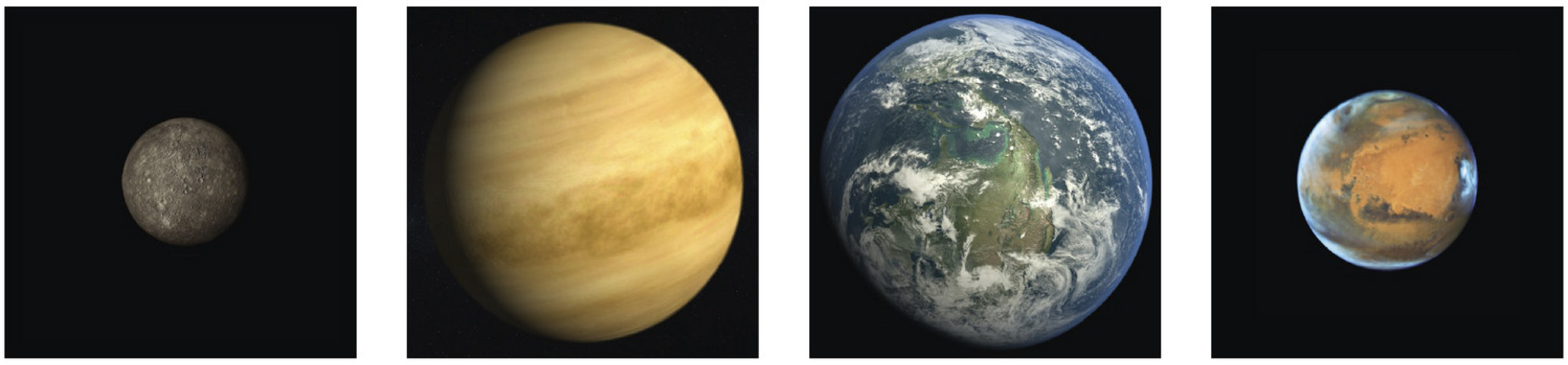


figuur 1 Een model van het zonnestelsel (niet op schaal).

Planeten bewegen in een **ellips**, een soort afgeplatte cirkel, rond de zon. Daardoor staan ze de ene keer dichter bij de zon dan de andere keer. Maar de verschillen zijn bij de meeste planeten maar klein: hun banen wijken maar weinig af van een zuivere cirkel. Daarom geeft hun gemiddelde afstand tot de zon je een goede indruk van hun baan. Alleen bij Mercurius zijn de verschillen groter. De tijd die een planeet nodig heeft om één keer rond de zon te draaien noem je de **omlooptijd**.

AARDSE PLANETEN

Mercurius, Venus, de aarde en Mars worden **aardse planeten** genoemd. Qua afmetingen en samenstelling lijken ze veel op elkaar (figuur 2). Ze hebben alle vier een hard, rotsachtig oppervlak. Binnenin bestaan ze uit gesteenten en metalen, in vaste of vloeibare vorm. De aarde is als enige aardse planeet grotendeels bedekt met water.



figuur 2 De planeten Mercurius, Venus, aarde en Mars, op dezelfde schaal weergegeven.

Net als de maan kun je planeten alleen zien doordat ze het licht van de zon weerkaatsen. Venus en Mars staan ‘dicht bij’ de aarde en zijn daardoor goed zichtbaar. Venus is dankzij haar witte wolkendek zelfs een van de helderste hemellichamen; alleen de zon en de maan geven nog meer licht. Je ziet Venus soms als ‘avondster’ vroeg in de avond en soms als ‘morgenster’ laat in de nacht. De naam avondster is wat misleidend, want Venus is natuurlijk geen ster, maar een planeet.

Zowel op Venus als op Mars zijn planeetverkenners geland om metingen te doen en foto's te maken. Venus is zo heet dat een verkenner het daar maar kort uithoudt. Maar op Mars kunnen verkenners jarenlang doorgaan. Het robotkarretje *Opportunity* is zelfs 14 jaar actief geweest, van 2004 tot 2018.
Dankzij dit soort verkenners is goed bekend hoe het oppervlak van Mars eruitziet (figuur 3).



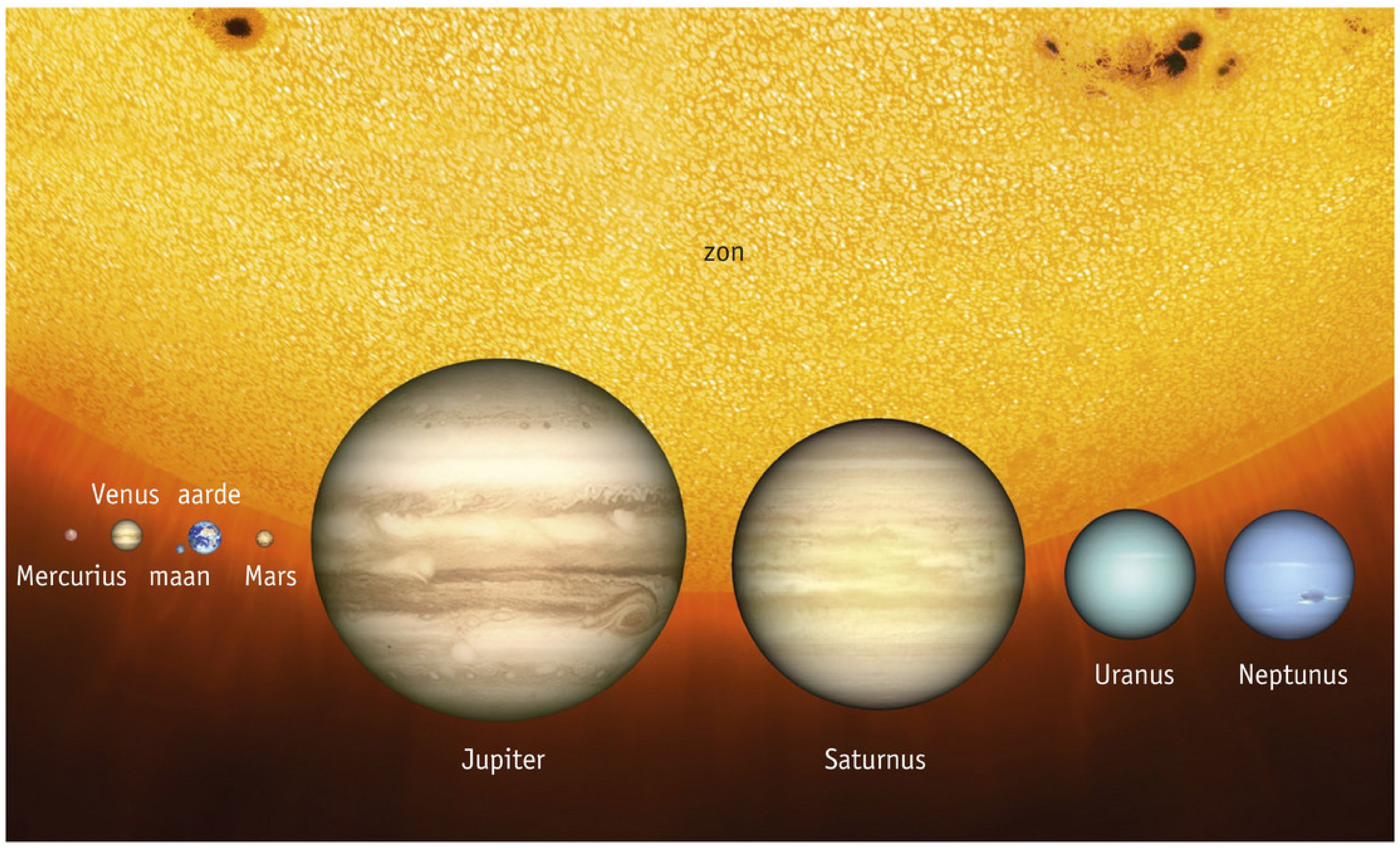
figuur 3 Een foto van de planeet Mars, gemaakt door de planeetverkenner *Curiosity*.

REUZENPLANETEN

PROEF 3

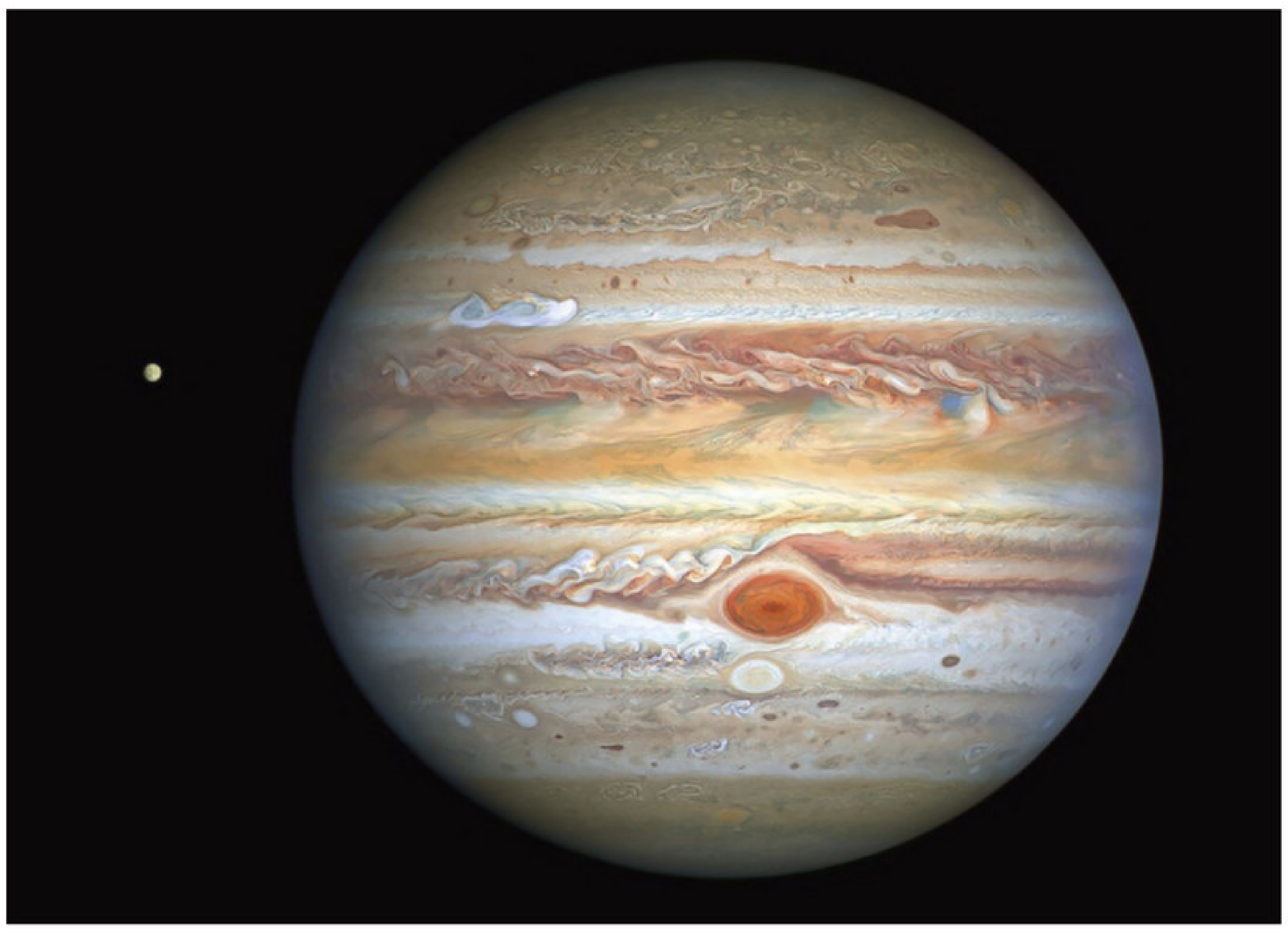
De planeten Jupiter, Saturnus, Uranus en Neptunus worden **reuzenplaneten** genoemd. Ze zijn veel groter dan de aardse planeten (figuur 4) en staan verder van de zon. Jupiter en Saturnus staan het dichtst bij en zijn helderder dan de meeste sterren. Uranus en Neptunus staan veel verder weg. Uranus kun je nog net zien met het blote oog, maar voor Neptunus heb je een telescoop nodig.

De reuzenplaneten bestaan voor een groot deel uit gassen. Van buitenaf zie je alleen de bovenste laag wolken die de planeet omringen. Maar onder die wolken is geen stevig, rotsachtig oppervlak, waarop je een ruimtevaartuig kunt laten landen. Een planeetverkenner sturen heeft daarom geen zin; hij zou spoorloos verdwijnen in de diepere lagen van de planeet.

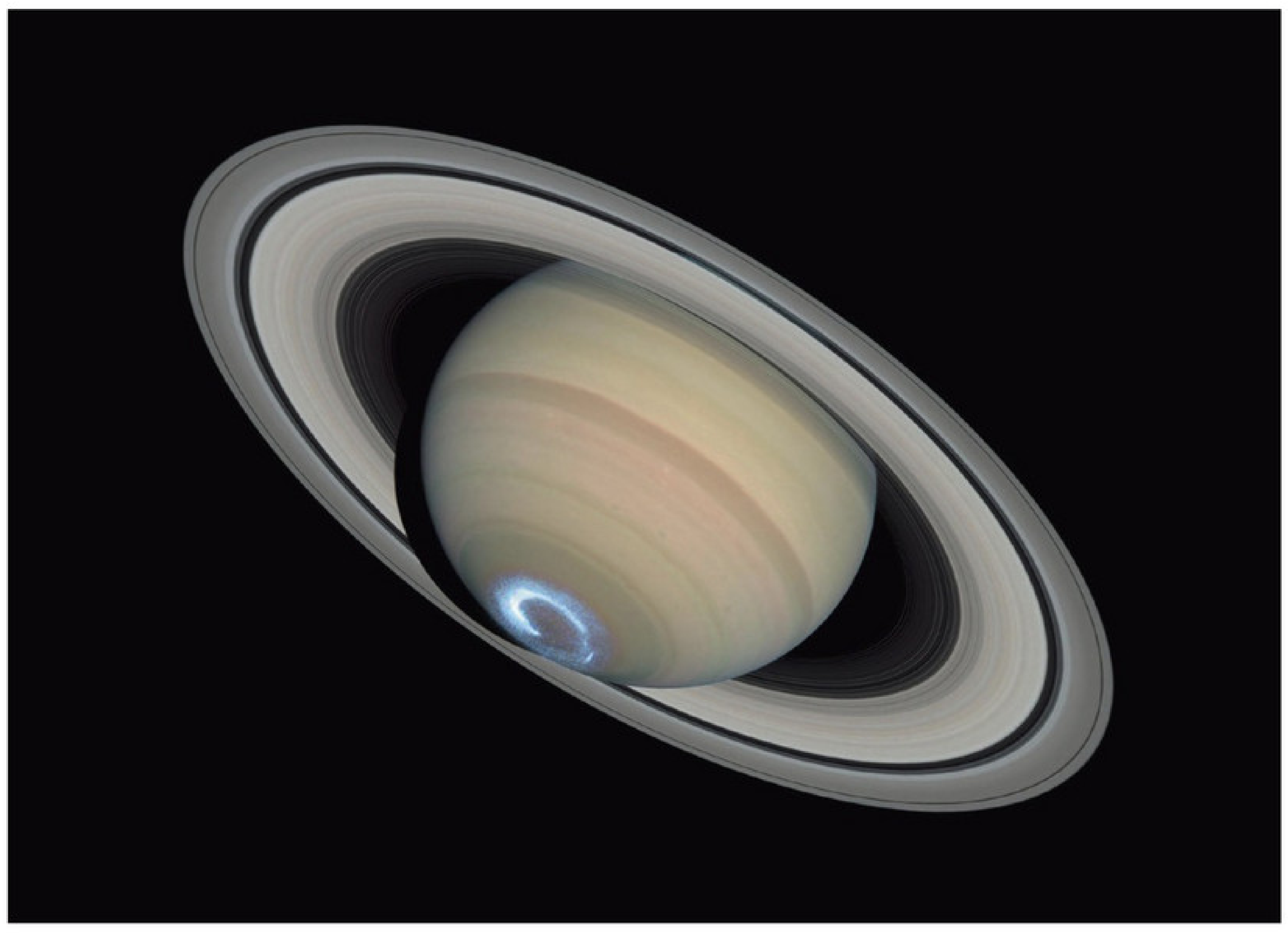


figuur 4 De zon en de planeten, op dezelfde schaal weergegeven.

Jupiter is de grootste planeet van ons zonnestelsel. De strepen en de rode vlek van Jupiter zijn heel opvallend (figuur 5). Met een kleine telescoop kun je die al waarnemen. De rode vlek is een grote orkaan die al meer dan 300 jaar woedt. Saturnus is na Jupiter de grootste planeet. Saturnus kun je herkennen aan de grote ringen (figuur 6).



figuur 5 De planeet Jupiter met zijn strepen en zijn rode vlek. Het bolletje links is een van de manen van Jupiter.



figuur 6 De planeet Saturnus met ringen, gefotografeerd door de ruimtetelescoop Hubble.

Jupiter en Saturnus hebben allebei meer dan zestig manen. Sommige zijn ongeveer even groot als de maan van de aarde. Andere zijn veel kleiner en hebben een onregelmatige vorm.

Uranus en Neptunus hebben beide een blauwe kleur. De blauwe kleur komt door de gassen in de buitenste lagen van de planeten. Uranus heeft 27 manen en Neptunus 13.

DE AFSTANDEN IN HET ZONNESTELSEL

PROEF 4

Het valt niet mee om het zonnestelsel in één figuur op schaal te tekenen. Dat komt doordat de afstanden in het zonnestelsel zo sterk van elkaar verschillen. Als je de baan van Neptunus zo tekent dat hij nog net op het papier past, is de baan van Mercurius een piepklein rondje, met een diameter van 3 à 4 mm. Daarom zijn afbeeldingen van het zonnestelsel bijna nooit op schaal.

Afstanden in het zonnestelsel zijn nogal groot. Zo is de afstand tussen de zon en Mars ongeveer 228 000 000 km. Dat getal zegt je waarschijnlijk maar weinig. De afstand tussen de zon en aarde is ongeveer 150 000 000 km oftewel 150 miljoen km. Je ziet dus dat Mars zich $\frac{228\,000\,000}{150\,000\,000}$ = 1,5 keer zover van de zon bevindt als de aarde. Dat zegt veel meer.

Daarom gebruiken astronomen een speciale eenheid voor afstanden in het zonnestelsel: de **astronomische eenheid** (AE). Dit is een handige eenheid om afstanden in het zonnestelsel snel met elkaar te vergelijken. 1 AE is gelijk 150 000 000 km. Dat is de gemiddelde afstand tussen de aarde en de zon.

VOORBEELDOPDRACHT 1
De gemiddelde afstand tussen Saturnus en de zon is 1 430 000 000 km.
Hoeveel is dat in astronomische eenheden?

gegevens de afstand tussen Saturnus en de zon is: 1 430 000 000 km
de afgeronde waarde van 1 AE is: 150 000 000 km.

gevraagd de afstand tussen Saturnus en de zon in AE

uitwerking Je wilt berekenen hoe vaak 1 AE in 1 430 000 000 km gaat.

Dat doe je door te delen: $\frac{1\,430\,000\,000}{150\,000\,000} = \frac{1430}{150} = 9{,}5$ AE

Saturnus staat dus bijna tien keer zo ver van de zon als de aarde.

In tabel 1 staan enkele baangegevens van de planeten. Je kunt er onder andere in vinden hoe snel de planeten bewegen in hun baan rond de zon. Het is duidelijk dat er een verband is met de afstand tot de zon: hoe dichter een planeet bij de zon staat, des te sneller hij beweegt. Mercurius beweegt ruim anderhalf keer zo snel als de aarde en bijna negen keer zo snel als Neptunus.

tabel 1 Baangegevens van de planeten.

planeet	gemiddelde afstand tot de zon (AE)	gemiddelde afstand tot de zon (km)	omlooptijd	gemiddelde snelheid (km/s)
Mercurius	0,39	58 000 000	88 dagen	47
Venus	0,73	108 000 000	225 dagen	35
aarde	1,0	150 000 000	365,25 dagen of 1,00 jaar	30
Mars	1,5	228 000 000	1,88 jaar	24
Jupiter	5,2	778 000 000	11,9 jaar	13
Saturnus	9,5	1 430 000 000	29,4 jaar	9,7
Uranus	19	2 870 000 000	83,8 jaar	6,8
Neptunus	30	4 500 000 000	164 jaar	5,4

Uit: NASA, Planetary Fact Sheet (metric)

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

EXTRA PLANETOÏDEN EN KOMETEN

Rond de zon draaien niet alleen planeten, maar ook planetoïden en kometen. Deze hemellichamen zijn veel kleiner dan planeten. Planetoïden zijn grote brokken steen en ijs, met een onregelmatige vorm. Ze komen veel voor in een gebied tussen Mars en Jupiter, op 2 tot 3 AE van de zon. Dit wordt de hoofdgordel genoemd. Er zijn ook planetoïden waarvan de baan dicht bij die van de aarde ligt.



figuur 7 De komeet Hale-Bopp in maart 1997, op ongeveer 1 AE van de zon.

Kometen bestaan uit ijs, gemengd met stof en gruis. Ze zijn afkomstig uit de buitenste gebieden van het zonnestelsel, voorbij Neptunus. Sommige kometen hebben een sterk elliptische baan die ze dicht bij de zon brengt. Door de warmte van de zon vervluchtigt dan een deel van het ijs. Het gas vormt een uitgestrekte, ijle atmosfeer rond de komeet, en een miljoenen kilometerslange staart (figuur 7).



figuur 8 Deze inslagkrater in Arizona (VS) is 200 m diep en heeft een doorsnede van 1200 m.

Af en toe gebeurt het dat een planetoïde of een komeet tegen een ander hemellichaam botst. Zo'n inslag kan grote schade aanrichten. Op een rotsachtig oppervlak ontstaat in zo'n geval een inslagkrater: een groot, rond gat in de bodem met daaromheen een hoge kraterrand van weggeslingerd gesteente (figuur 8). De grootste inslagkraters hebben een doorsnede van honderden kilometers.

LEERSTOF

1 Vul in.

a Planeten bewegen in een .... rond de zon; meestal wijkt hun baan maar weinig af van een zuivere ....

b Planeten geven zelf geen licht; net als de .... kun je ze alleen zien doordat ze het licht van de zon ....

c Mercurius, ... , de aarde en Mars worden aardse planeten genoemd; ze staan veel .... de zon dan de reuzenplaneten.

d Van de vier reuzenplaneten .... , Saturnus, ... en Neptunus zie je van buitenaf alleen de bovenste laag .... rond de planeet.

e Hoe dichter een planeet bij de zon staat, des te .... beweegt hij; .... is dus de snelste planeet en .... de langzaamste.

2 Zet de planeten van het zonnestelsel in de juiste volgorde. Begin met de planeet die het dichtst bij de zon staat.

A aarde
B Jupiter
C Mars
D Mercurius
E Neptunus
F Saturnus
G Uranus
H Venus

....

3 Beantwoord de volgende vragen.

a Je kunt de afstand 4 500 000 000 km ook schrijven als 30 AE. Wat betekenen de letters AE?
b Wat is de afgeronde waarde van 1 AE?
c Welke planeet staat gemiddeld op 1 AE van de zon?
d Hoe kun je een afstand omrekenen van km naar AE?

TOEPASSING

4 Al lang voordat er telescopen waren, maakten mensen onderscheid tussen planeten en 'gewone' sterren.

a Hoe kun je zien dat een lichtpuntje aan de hemel geen 'gewone' ster is maar een planeet, als je verder geen hulpmiddelen hebt?
b Hoe verschillen planeten van sterren, als je ze door een telescoop bekijkt?

5 Gebruik bij deze opdracht tabel 1.

a Hoe groot is de omlooptijd van Mercurius?

De omlooptijd van Mercurius is .... dagen.

b Hoe groot is de omlooptijd van de aarde?

De omlooptijd van de aarde is .... dagen of .... jaar.

c Hoeveel keer draait Mercurius rond de zon in 1 jaar? Schrijf je berekening op. Rond af op een geheel getal.

6 De planeten staan alle acht op een andere afstand van de zon. In tabel 2 staan de planeten in de juiste volgorde gezien vanaf de zon. Elke planeet heeft ook een eigen omlooptijd.

a Zet in de tweede kolom in tabel 2 de planeten in de juiste volgorde. Begin met de planeet met de kleinste omlooptijd.
b Hoe groter de afstand tot de zon, hoe *groter / kleiner* de omlooptijd.

tabel 2 Planeten en hun omlooptijd.

afstand tot de zon	omlooptijd
Mercurius	
Venus	
aarde	
Mars	
Jupiter	
Saturnus	
Uranus	
Neptunus	

7

Bekijk in tabel 1 de afstand van de planeten aarde en Neptunus in AE.
Hoeveel keer staat Neptunus verder van de zon dan de aarde?

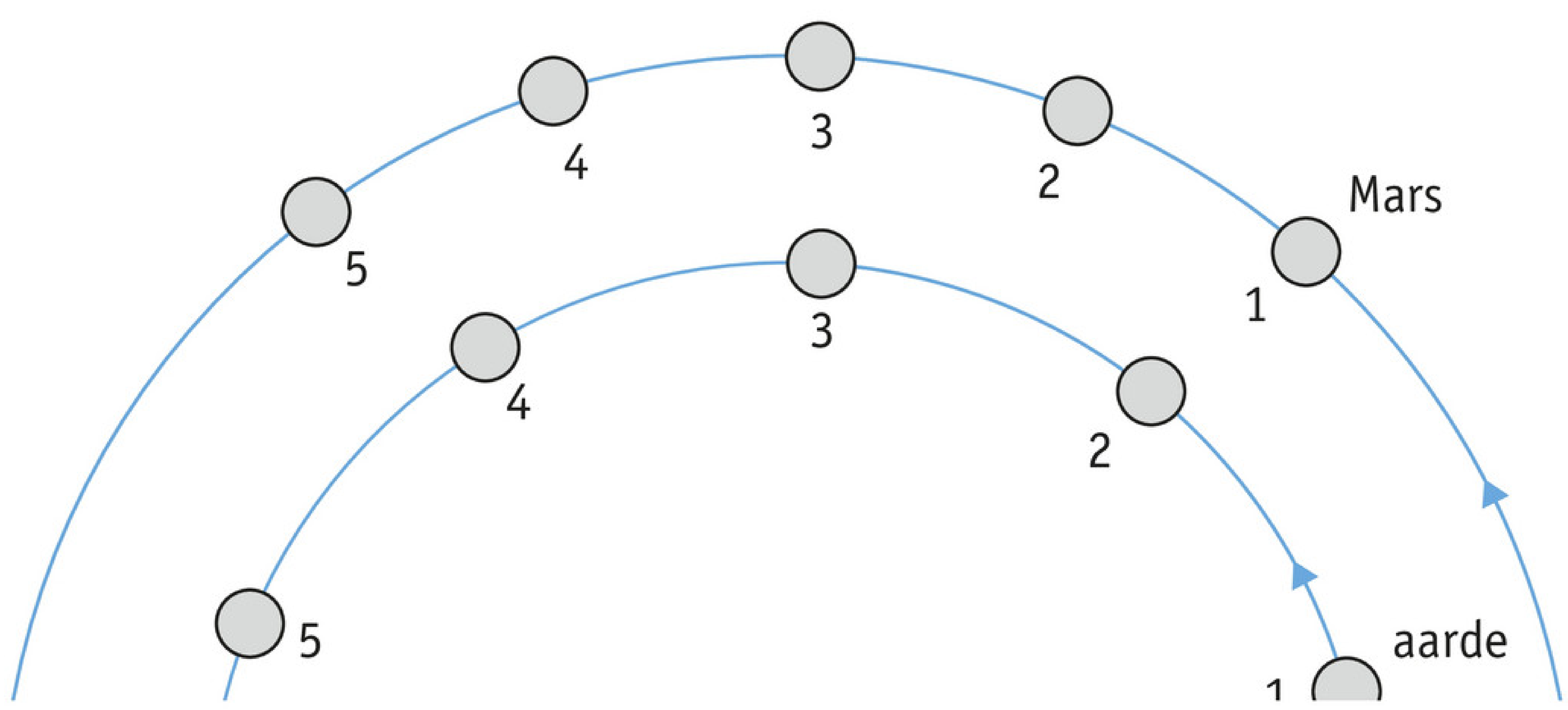
8

Gebruik bij deze opdracht tabel 1.
Saturnus en Uranus zijn planeten die rond de zon draaien.
Hoeveel keer staat Uranus verder van de zon dan Saturnus? Gebruik de astronomische eenheid bij je berekening.

9

In figuur 9 zijn de aarde en Mars getekend op vijf verschillende tijdstippen (1 tot en met 5).

a Hoe kun je in de tekening zien dat de aarde sneller beweegt dan Mars?
b Teken de zon op de juiste plaats in figuur 9 en zet er het woord ‘zon’ bij.
c Op welk moment is de afstand tussen de aarde en Mars het kleinst?
d De helderheid van Mars is sterk veranderlijk (gezien vanaf de aarde).
In welke periode in figuur 9 wordt Mars steeds helderder?
e In welke periode neemt de helderheid van Mars steeds verder af?



figuur 9 Mars en de aarde in de tweede helft van 2020 (niet op schaal).

10 Aysha en Simone zetten op een voetbalveld van 105 bij 65 m een model uit van het zonnestelsel. Voor 1 AE in werkelijkheid nemen ze in hun model 10 m. Als zon nemen ze een softbal, die ze midden in een van de doelen neerleggen (figuur 10). Ze geven de plaats van elke planeet aan door op de juiste afstand een vlag in de grond te steken. Ze beginnen met de vlag van de aarde, op 10 m van de softbal.

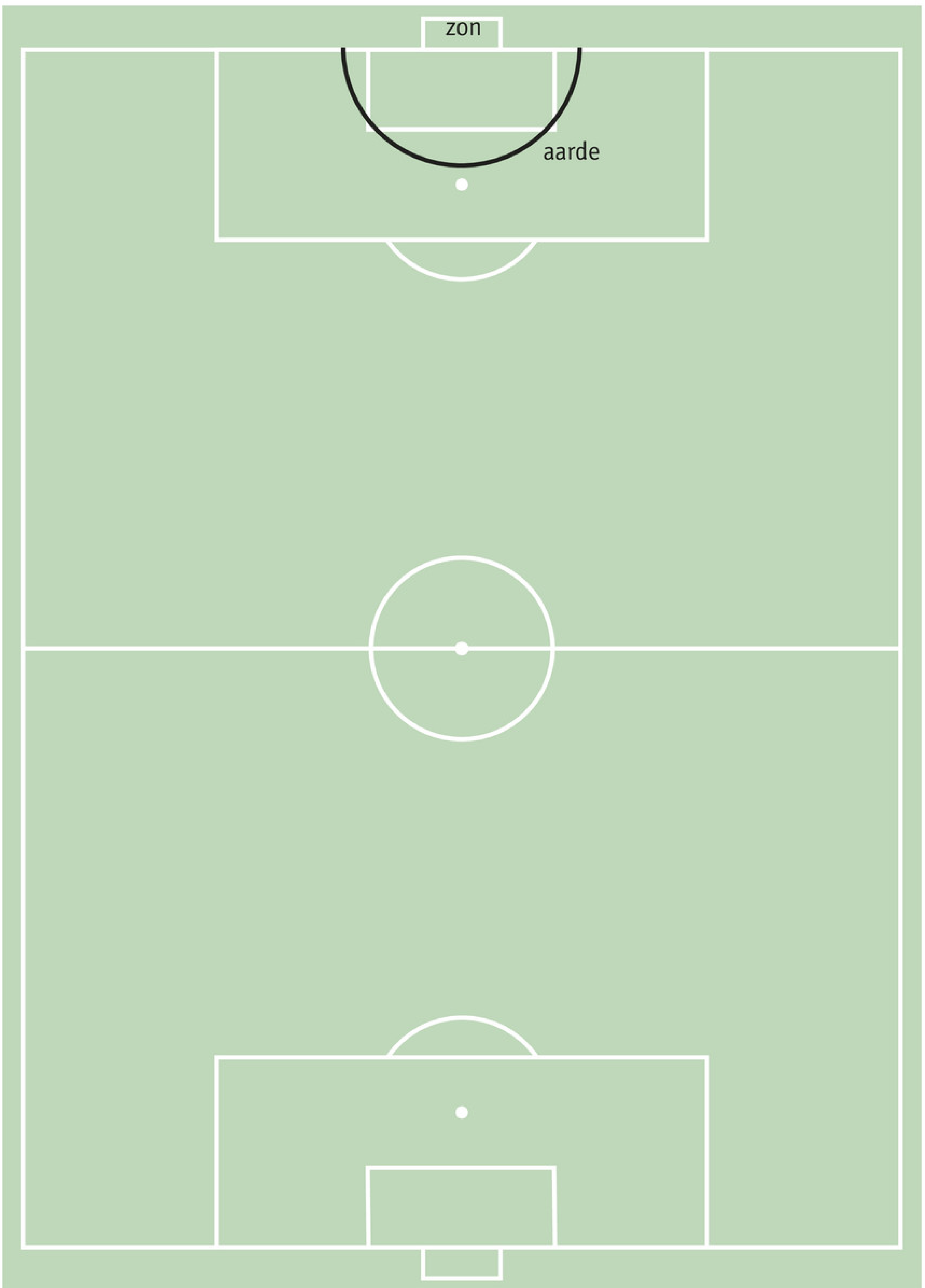
a Bereken hoe groot Aysha en Simone de afstand moeten maken tussen de overige planeten en de zon. Noteer de uitkomsten in de rechter kolom van tabel 3.

b Welke planeten staan zo ver weg dat Aysha en Simone ze geen plekje kunnen geven op hun voetbalveld?

c Hoeveel voetbalvelden achter elkaar heb je nodig om de vlag van Neptunus op de juiste afstand in de grond te kunnen zetten?

tabel 3 Baangegevens van de planeten.

planeet	gemiddelde afstand tot de zon (AE)	afstanden in model Aysha en Simone (m)
Mercurius	0,39	
Venus	0,73	
aarde	1,0	10
Mars	1,5	
Jupiter	5,2	
Saturnus	9,5	
Uranus	19	
Neptunus	30	



figuur 10 Op een voetbalveld kun je een model van het zonnestelsel uitzetten.

★ 11 De aarde doet korter over haar omloop rond de zon dan Jupiter. Daardoor haalt de aarde Jupiter regelmatig in.

- **a** Noteer twee oorzaken waarom Jupiter meer tijd nodig heeft voor één omloop om de zon dan de aarde.
- **b** Hoe komt het dat je Jupiter het helderst ziet schijnen op het moment dat hij door de aarde wordt ingehaald?
- **c** Wanneer is Jupiter (vanaf de aarde gezien) het minst helder?

12 Zie de vaardigheid *Eenheden omrekenen*.
Hieronder staan twee weetjes over het zonnestelsel. Reken de afstanden in elk weetje om naar AE.

- **a** Op 15 juli 2020 naderde Jupiter de aarde tot op een kortste afstand van 621 miljoen km. Jupiter was op dat moment een van de helderste objecten aan de hemel.
- **b** Tussen Mars en Jupiter komen talrijke planetoïden (kleinere en grotere brokken ruimtepuin) voor, op een afstand van $3{,}15 \cdot 10^8$ tot $4{,}95 \cdot 10^8$ km van de zon.

Test je kennis met de *Test jezelf*.

EXTRA PLANETOÏDEN EN KOMETEN

13 Planetoïden zien er door een telescoop bekeken uit als kleine lichtpuntjes, net als sterren. Je kunt ze herkennen aan het feit dat ze bewegen ten opzichte van de sterren om hen heen.

- **a** In figuur 11a zie je een tekening van een stukje sterrenhemel. Het lichtpuntje waar de pijl naar wijst, is een planetoïde.
  Waar staat dezelfde planetoïde in figuur 11b? Zoek haar op en zet er een cirkel omheen.
- **b** Zoek de planetoïde vervolgens op in figuur 11c en zet er ook hier een cirkel omheen.
- **c** 'Planetoïde' betekent zoiets als: lijkend op een planeet, planeetachtige.
  In welk opzicht lijken planetoïden op planeten?
- **d** Planetoïden vallen veel minder op aan de hemel dan planeten.
  Leg uit hoe dat komt.

figuur 11 Drie tekeningen van hetzelfde stukje sterrenhemel, met 10 minuten tussenruimte genomen.



a b c

14 Astronomen zijn in 2013 een grote zoektocht gestart naar 'potentieel gevaarlijke' planetoïden (figuur 12). Deze planetoïden worden ook wel 'aardscheerders' genoemd, omdat hun baan vlak langs die van de aarde scheert en deze af en toe ook kruist.

a Wat is het gevaar van zo'n aardscheerder?

b Bij een inslag ontstaat ook een grote stofwolk die zich flink uitbreidt en die lang kan blijven hangen.
Welke gevolgen heeft zo'n stofwolk voor de mensen die in de buurt van de inslag leven?

c Op 9 februari 2018 passeerde planetoïde 2018 CB met een diameter van 40 m de aarde op een afstand van 64 000 km.
Bereken hoe groot deze afstand is in AE.

d Als astronomen een nieuwe aardscheerder vinden, vermelden ze in het bericht daarover vaak de grootte en de snelheid (ten opzichte van de aarde) van de planetoïde.
Waarom zouden ze juist deze twee gegevens vermelden?

figuur 12

De jacht op aardscheerders

In ons zonnestelsel bevinden zich heel wat rondslingerende ruimtestenen. Veel van deze brokken vormen geen gevaar voor de aarde. Maar af en toe komen we wel een gevaarlijke aardscheerder tegen, waarvan de baan die van de aarde kruist.
Astronomen noemen een planetoïde 'potentieel gevaarlijk' als deze (in de toekomst) dicht bij de aarde in de buurt komt en groot genoeg is om bij een inslag grote schade aan te richten. Inmiddels hebben onderzoekers meer dan 18 000 aardscheerders ontdekt.
De grootste exemplaren zijn natuurlijk het makkelijkst te vinden; naar schatting is zo'n 90% van alle aardscheerders groter dan een kilometer opgespoord. De uitdaging is nu om ook zoveel mogelijk kleinere (tot een omvang van zo'n 140 m) planetoïden op te sporen.

Naar: https://www.scientias.nl, 2020

3 De atmosfeer van een planeet

LEERDOELEN

7.3.1 Je kunt uitleggen wat wordt bedoeld met 'een vacuüm' en 'de atmosfeer van een planeet'.

7.3.2 Je kunt uitleggen waardoor satellieten jarenlang rond de aarde kunnen blijven draaien.

7.3.3 Je kunt de verschillen benoemen tussen de atmosferen van de aarde, Venus en Mars.

7.3.4 Je kunt toelichten waarvoor het leven op aarde zuurstof en koolstofdioxide nodig heeft.

7.3.5 Je kunt uitleggen waardoor luchtdruk ontstaat en waarom je er vaak niets van merkt.

7.3.6 Je kunt benoemen met welk instrument en in welke eenheid je de luchtdruk kunt meten.

7.3.7 Je kunt toelichten hoe het komt dat de luchtdruk afneemt als je stijgt in de atmosfeer.

EXTRA 7.3.8 Je kunt uitleggen waarom mensen in de ruimte een ruimtepak nodig hebben.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN							
	7.3.1	7.3.2	7.3.3	7.3.4	7.3.5	7.3.6	7.3.7	7.3.8
Onthouden	1b		1acde		2a	2bcd		11abcd
Begrijpen	4ab			8d	5a		7ab	12a
Toepassen		6abc	3	8e	5b, 9ab		8c, 10abc	12b
Analyseren		8ab			5c, 9c			12cd

Rond de aarde bevindt zich een laag lucht die enkele honderden kilometers dik is. Dat is erg weinig, vergeleken met de afmetingen van de aarde zelf. Toch zou er zonder die dunne laag lucht geen leven op aarde mogelijk zijn.

HET VACUÜM BUITEN DE ATMOSFEER

Het heelal bestaat voor het overgrote deel uit lege ruimte. Er is helemaal niets, ook geen losse deeltjes, alleen ruimte zonder iets erin. Als een voorwerp door zo'n lege ruimte beweegt, hoeft het niets opzij te duwen. Er is niets dat zijn beweging afremt. Zo'n lege ruimte zonder deeltjes, noem je een **vacuüm**.

De aarde heeft, net als veel andere planeten, een **atmosfeer**. Zo noem je het mengsel van gassen dat de buitenste laag van een planeet vormt (figuur 1). De atmosfeer wordt soms ook wel dampkring genoemd. Vaak komen er in zo'n atmosfeer wolken voor die uit kleine, zwevende druppeltjes bestaan. De planeet Venus heeft zelfs zo'n dicht wolkendek dat er van het planeetoppervlak niets te zien is.



figuur 1 Op deze satellietfoto zie je de atmosfeer van de aarde.

Hoe hoger je in de atmosfeer van een planeet komt, des te ijler zijn de gassen om je heen: het aantal deeltjes per kubieke meter wordt steeds kleiner. Je kunt daardoor niet precies zeggen hoe dik de atmosfeer is. Op grote hoogte gaat hij ongemerkt over in het vacuüm van de ruimte. Op zo'n 1000 km hoogte begint dat vacuüm van de ruimte.

Rond de aarde draaien allerlei satellieten, die met een raket in een baan rond de aarde zijn gebracht. Als een satelliet zich ver genoeg boven de atmosfeer bevindt, zijn er geen deeltjes die zijn beweging afremmen. De satelliet houdt dan de snelheid die hij bij de lancering heeft meegekregen. Zo kan hij jaar in jaar uit zijn rondjes rond de aarde blijven draaien, net zoals de maan dat doet.

EEN MENGSEL VAN GASSEN

De atmosfeer van de aarde bestaat voor 78% uit stikstof en voor 21% uit zuurstof. Daarnaast komen er kleine hoeveelheden voor van andere gassen, zoals argon en koolstofdioxide. Dit mengsel van gassen noem je lucht. De atmosfeer bevat ook waterdamp, maar de hoeveelheid waterdamp kan per kubieke meter sterk wisselen.

Zuurstof is onmisbaar voor de mensen (en dieren) op aarde. Je lichaam heeft een constante aanvoer van zuurstof nodig om te kunnen functioneren (figuur 2). Je longen zorgen ervoor dat je lichaam steeds van nieuwe zuurstof wordt voorzien. In je longen wordt zuurstof uit de ingeademde lucht opgenomen in het bloed. Het bloed vervoert de zuurstof daarna naar alle delen van je lichaam.

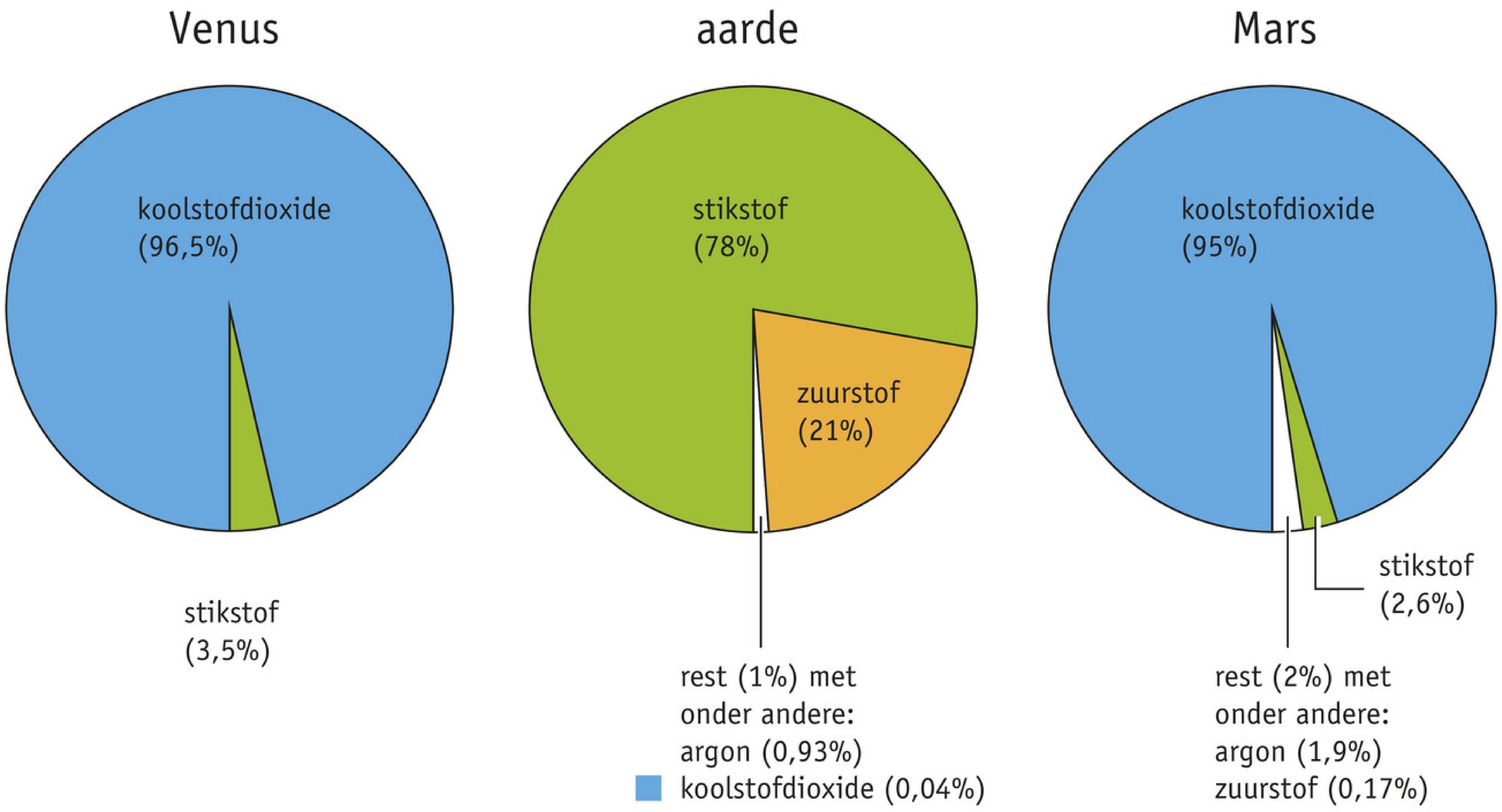


figuur 2 Een piloot die op grote hoogte vliegt, krijgt extra zuurstof via een zuurstofmasker.

Lucht bestaat voor slecht 0,04% uit koolstofdioxide. Toch is dit gas net als zuurstof onmisbaar voor het leven op aarde. Planten hebben het nodig om te kunnen groeien. Koolstofdioxide helpt de atmosfeer ook om warmte vast te houden en zo de aarde op een leefbare temperatuur te houden. Er ontstaat een probleem als de hoeveelheid koolstofdioxide te groot wordt, zodat de aarde te veel opwarmt. De bubbeltjes in limonade zijn ook koolstofdioxide.

De atmosfeer van Venus en Mars heeft een totaal andere samenstelling dan die van de aarde (figuur 3). Het meest voorkomende gas op deze planeten is koolstofdioxide. Zuurstof komt er niet of nauwelijks voor. Mensen kunnen in zo'n atmosfeer onmogelijk overleven. Ze zouden meteen omkomen door zuurstofgebrek.

figuur 3 De samenstelling van de atmosfeer van Venus, aarde en Mars.

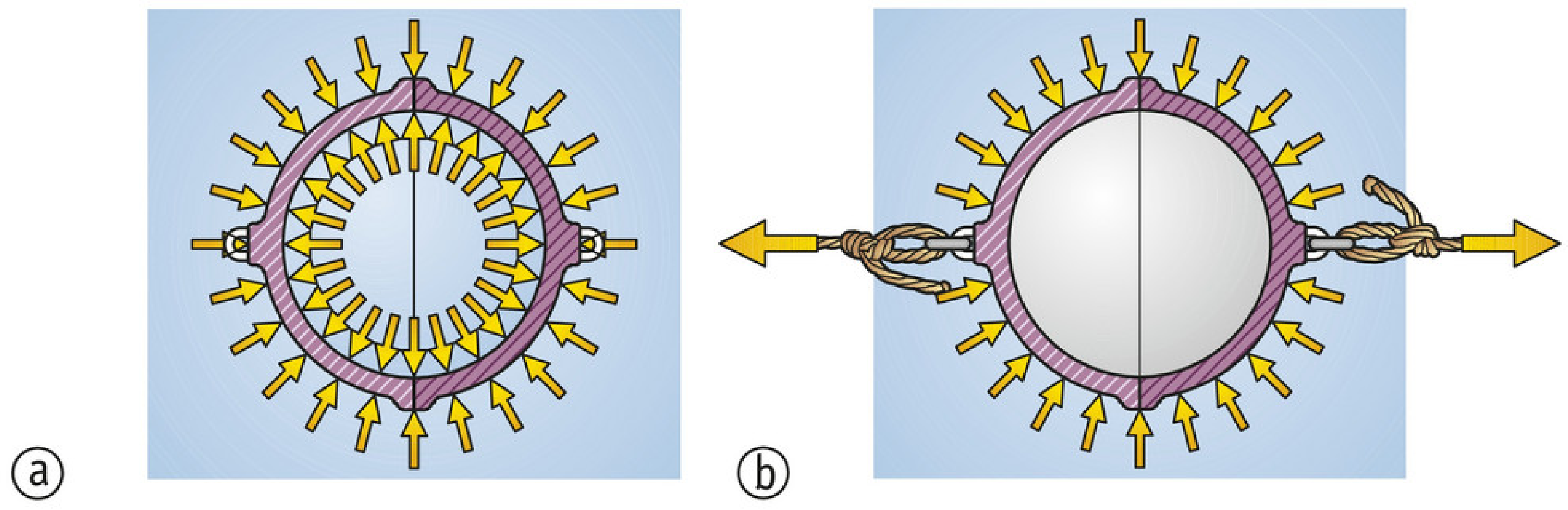


LUCHTDRUK

Je leven speelt zich af op het aardoppervlak, dat is onder in de atmosfeer van de aarde. Overal om je heen en boven je is lucht. En al heeft lucht een kleine dichtheid, alle lucht boven je heeft bij elkaar toch een behoorlijk gewicht. Daardoor oefent die lucht een druk uit op alles wat zich op aarde bevindt. Deze druk noem je de **luchtdruk** of de **atmosferische druk**.

Meestal merk je niets van de luchtdruk. Daarom zijn er allerlei proeven bedacht die je laten zien hoe groot de luchtdruk is. Een beroemd voorbeeld is de proef met de Maagdenburger halve bollen. Bij deze proef worden twee holle halve bollen op elkaar gezet. Daarna wordt de lucht tussen de halve bollen uit gepompt. Je kunt de halve bollen dan niet meer van elkaar af halen (figuur 4).

figuur 4 De tegendruk verdwijnt als de lucht tussen de halve bollen wordt weggepompt.

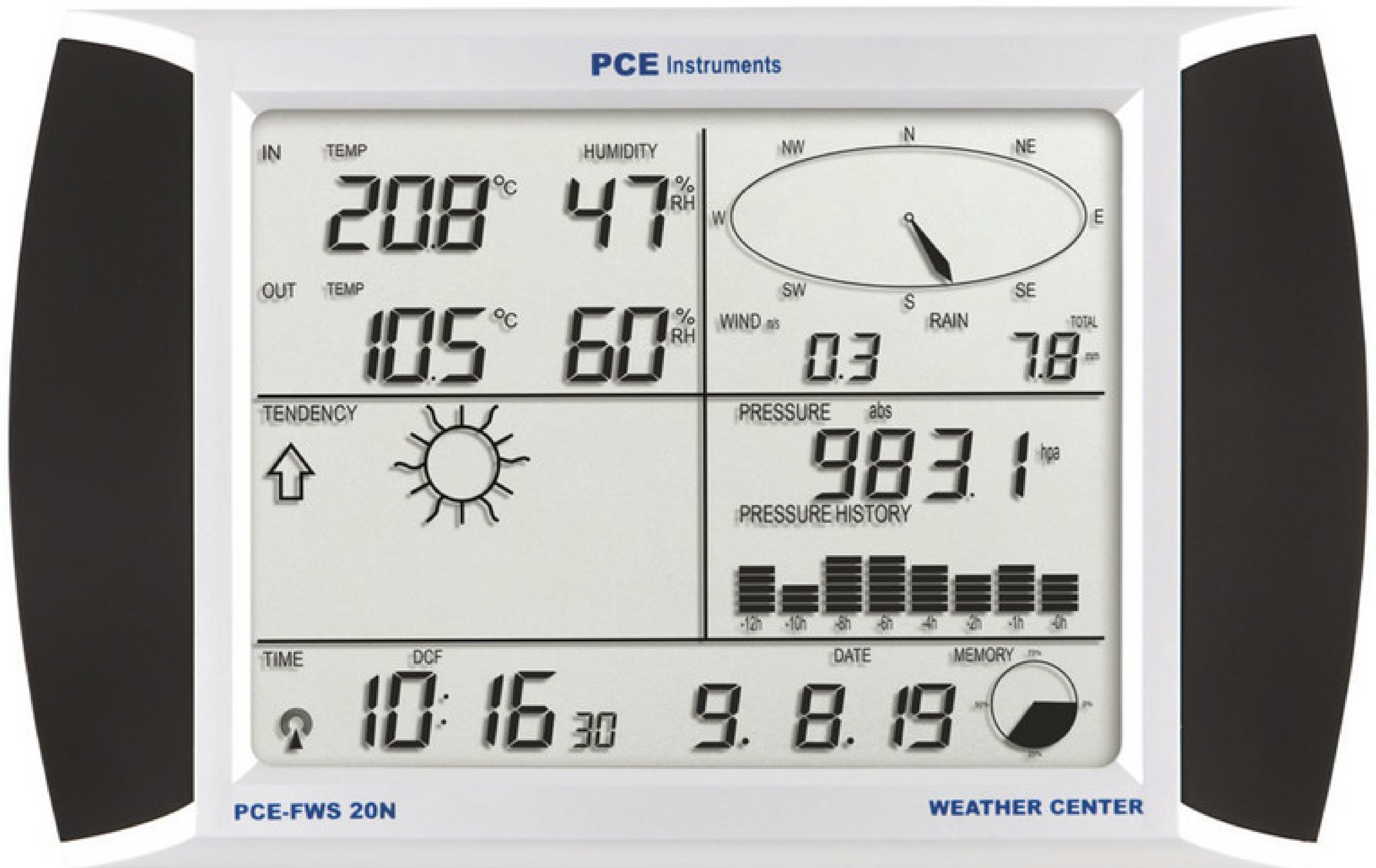


Als je twee halve bollen los op elkaar zet, blijven ze niet vanzelf aan elkaar vastzitten. Zolang er nog lucht in de halve bollen zit, kun je ze zonder moeite van elkaar af halen. De lucht in de bollen zorgt voor een **tegendruk** die even groot is als de luchtdruk van buitenaf (figuur 4a). De luchtdruk en de tegendruk heffen elkaar dan op.

Dat verandert als je de lucht tussen de halve bollen wegpompt. Er is dan geen tegendruk meer. Alleen de luchtdruk van buitenaf blijft over. Die duwt de halve bollen stevig tegen elkaar aan (figuur 4b). Let erop dat die druk niet alleen van boven komt, maar van alle kanten!

DE DRUK METEN

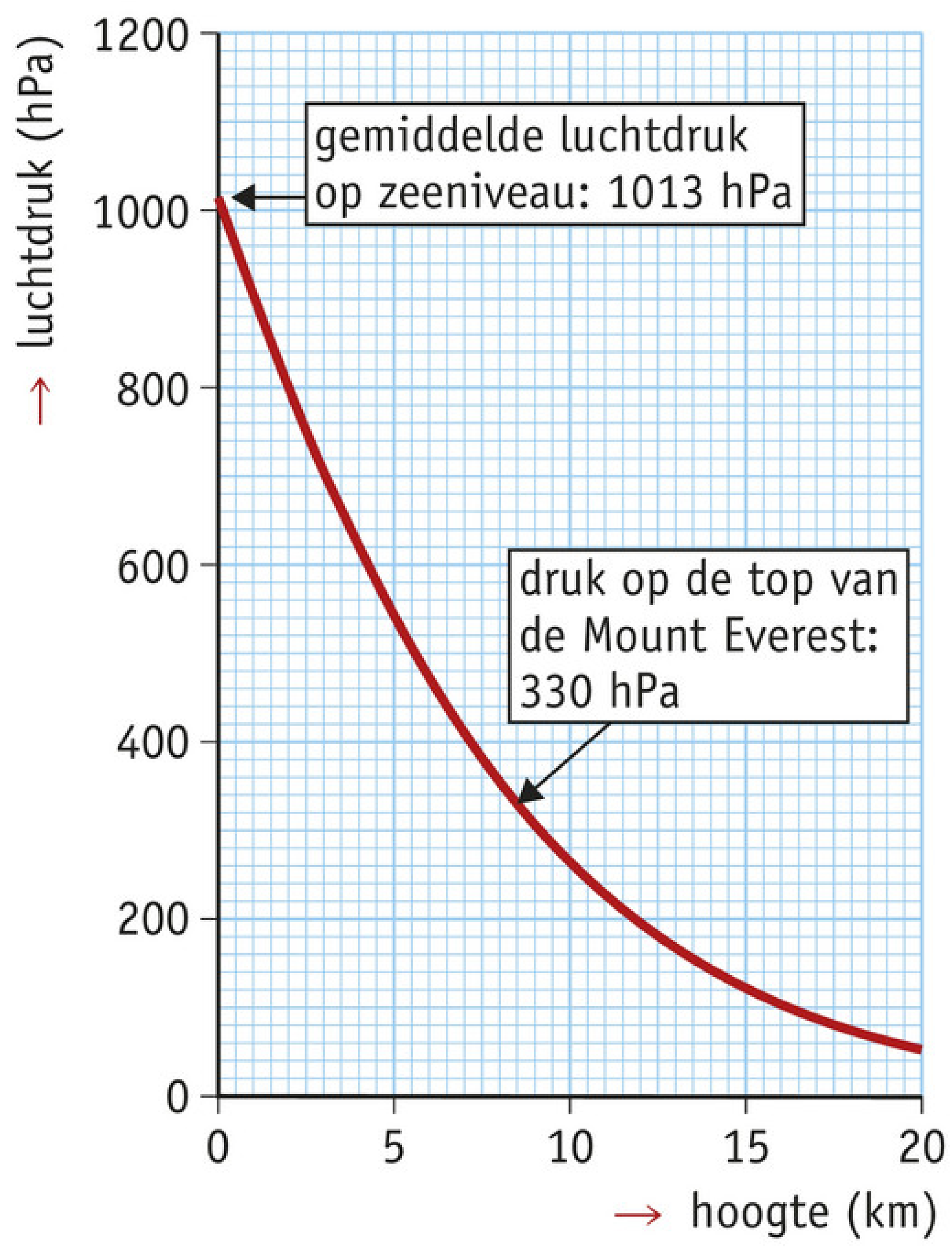
Met een **barometer** kun je meten hoe groot de luchtdruk is. Weerkundigen gebruiken voor de luchtdruk meestal de eenheid hectopascal (hPa). Deze is afgeleid van de officiële eenheid van druk, de pascal (Pa). Zoals je weet betekent hecto 100, dus 1 hPa = 100 Pa. Het weerstation in figuur 5 heeft een digitale barometer. Deze geeft aan dat de luchtdruk 983,1 hPa is. Dat is 98 310 Pa, dus bijna 100 000 Pa.



figuur 5 Het display van een digitaal weerstation, met rechts onder de luchtdruk.

Als je regelmatig op een barometer kijkt, merk je dat de luchtdruk in de loop van de tijd verandert. Dat wil niet zeggen dat de luchtdruk zomaar elke waarde kan krijgen. Op zeeniveau wordt de luchtdruk vrijwel nooit lager dan 950 hPa of hoger dan 1050 hPa. Gemiddeld is de luchtdruk op zeeniveau 1013 hPa.

De luchtdruk neemt af met de hoogte: hoe hoger je komt, des te kleiner is de luchtdruk (figuur 6). Dat komt doordat de hoeveelheid lucht boven je hoofd steeds kleiner wordt als je omhooggaat.



figuur 6 Het verband tussen de hoogte en de luchtdruk.

De atmosferische druk is op elke planeet anders. En de verschillen zijn groot. Aan het oppervlak van Venus is deze atmosferische druk erg hoog: ongeveer 92 000 hPa. Dat is ruim 90 keer zoveel als de gemiddelde luchtdruk op aarde. De atmosferische druk op Mars is juist veel lager dan op aarde. Daar schommelt de druk op gemiddelde hoogte rond 6,1 hPa. Dat is maar 0,6% van de gemiddelde luchtdruk op aarde.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

EXTRA HET RUIMTEPAK

Je lichaam is erop ingesteld te functioneren bij een atmosferische druk van circa 1000 hPa. Als je opstijgt in de atmosfeer, wordt de druk steeds lager. Tot ongeveer 5 km hoogte kan je lichaam zich nog wel aanpassen. Maar daarboven ontstaan al snel problemen. Verkeersvliegtuigen hebben daarom een drukcabine waarin de luchtdruk op peil wordt gehouden. Daardoor hebben de passagiers geen last van de lage luchtdruk buiten het vliegtuig.

De problemen zijn nog groter in het vacuüm van de ruimte. Zonder bescherming kun je er hoogstens enkele minuten overleven. Om toch in de ruimte actief te kunnen zijn, is een ruimtepak onmisbaar (figuur 7). Zo'n pak voorziet de drager van zuurstof, verwijdert uitgeademde koolstofdioxide, zorgt voor een werkbare temperatuur en beschermt tegen snel bewegend ruimtegruis.

Een belangrijke functie van een ruimtepak is het uitoefenen van druk op het lichaam. Daarvoor zijn overal in het pak luchtdichte ruimtes aangebracht. Voor een ruimtewandeling worden deze ruimtes opgeblazen. Zo wordt de druk op het lichaam even groot gemaakt als de druk in de longen van de astronaut. Dat voorkomt dat de longen sterk uitzetten en het tere longweefsel beschadigd wordt.



figuur 7 Een astronaut in een ruimtepak tijdens een ruimtewandeling.

LEERSTOF

1 Vul in.

a Hoe hoger je in de atmosfeer komt, des te .... worden de gassen om je heen: het aantal .... per kubieke meter wordt steeds kleiner.

b Buiten de .... bevindt zich alleen lege ruimte. Zo'n lege ruimte waarin helemaal geen deeltjes voorkomen, noem je een ....

c Lucht is een mengsel van verschillende gassen. De twee meest voorkomende bestanddelen zijn .... (78%) en .... (21%).

d De atmosfeer van de planeten Venus en .... bestaat grotendeels uit .... Mensen zouden in zo'n atmosfeer meteen gebrek aan .... krijgen.

e De atmosferische druk op .... is veel groter dan die op aarde, terwijl de atmosferische druk op .... juist veel kleiner is (maar 0,6% van de standaarddruk op aarde).

2 Beantwoord de volgende vragen.

a Wat is de oorzaak van de druk die de atmosfeer op je uitoefent?

b Met welk meetinstrument kun je de hoogte van de luchtdruk meten?

c In welke eenheid geven weerkundigen meestal de luchtdruk op?

d Hoe groot is de gemiddelde luchtdruk op zeeniveau?

TOEPASSING

3 Waarom spreek je op de planeet Venus beter van atmosferische druk dan van luchtdruk?

4 De band van je fiets is leeggelopen.

a Is er in de band nu een vacuüm?

b Wat wordt er dan bedoeld met 'leeg'?

5 De luchtdruk op aarde is best groot. Deze luchtdruk drukt op je lichaam. Deze luchtdruk is te vergelijken met 1 kg die op iedere cm^2 van je lichaam staat.

a Waarom voel je niets van deze luchtdruk?

b Stel dat je buik 15 cm breed en 30 cm lang is.
Met hoeveel kg is dan de luchtdruk op je buik te vergelijken?

c Leg uit wat zou er gebeuren als je op de maan, waar geen luchtdruk is, zonder bescherming uit een ruimtevaartuig stapt.

6

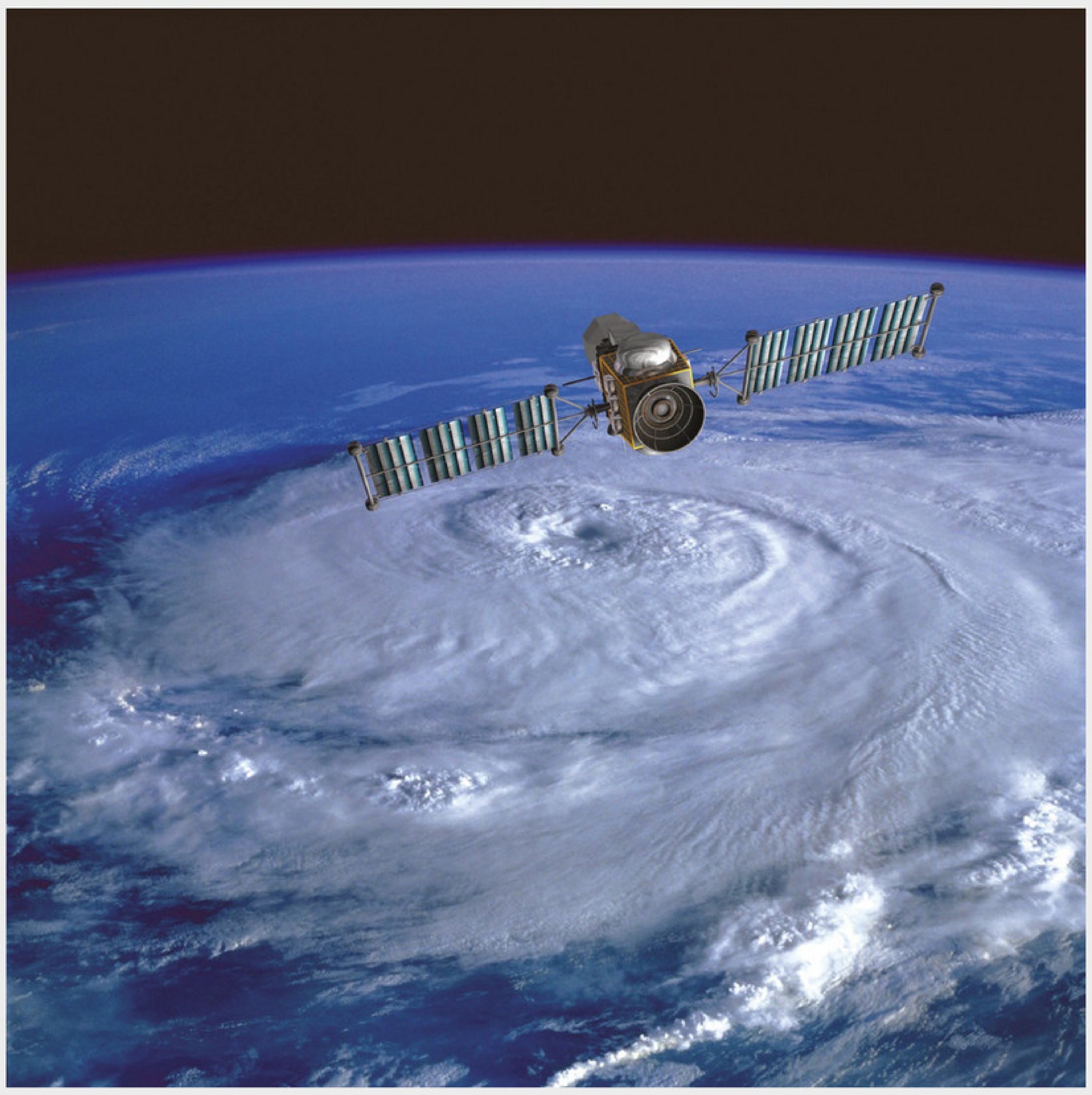
Satellieten in een (verhoudingsgewijs) lage baan om de aarde hebben een beperkte levensduur. Op een website wordt uitgelegd hoe dat komt (figuur 8).
Uit welk gegeven in figuur 8 kun je opmaken:

- **a** dat er tot op 1000 km hoogte boven de aarde nog wel enkele deeltjes te vinden zijn?
- **b** dat er op 800 km hoogte boven de aarde wel heel weinig deeltjes voorkomen?
- **c** dat er op 300 km hoogte duidelijk meer deeltjes voorkomen dan op 400 km hoogte?

figuur 8 Informatie over de levensduur van een satelliet.

Het einde van een satelliet

Een satelliet die op minder dan 1000 km hoogte rond de aarde draait, valt na verloop van tijd terug in de atmosfeer. Daar verbrandt hij door de enorme warmte die door de wrijving met de lucht ontstaat.
Hoe lang het duurt voor een satelliet terugvalt, hangt af van de oorspronkelijk baanhoogte. Op 800 km is dat een paar honderd jaar, op 400 km hoogte een enkel jaar en op 300 km een paar maanden.
Als regel wachten satellietoperators niet tot een satelliet vanzelf terugvalt. Ze sturen 'oude' satellieten naar een veilige en stabiele eindbaan of kiezen voor een versnelde terugkeer naar de atmosfeer.



7

Bergbeklimmers nemen soms flessen met zuurstof mee naar boven.

- **a** Waarom hebben de meeste klimmers extra zuurstof nodig om de hoogste toppen in de Himalaya te beklimmen?
- **b** Waarom hoeven bergbeklimmers geen zuurstofflessen mee te nemen als ze in de Alpen gaan klimmen?

8

Sinds 1998 draait het Internationaal Ruimtestation (International Space Station of ISS) op ruim 400 km hoogte om de aarde. Het station bestaat uit losse modules die op aarde zijn gebouwd. De modules zijn daarna met een raket in een baan om de aarde gebracht en vervolgens aan het ISS gekoppeld. Het station is zo sinds 1998 steeds verder gegroeid (figuur 9). Het ISS beweegt met een snelheid van 27 600 km/h. Toch is het station niet gestroomlijnd, zoals snelle vliegtuigen en raketten dat wel zijn.



figuur 9 Het Internationaal Ruimtestation ISS.

a Leg uit waarom het niet nodig is het ISS te stroomlijnen.

b Het ISS daalt elke dag zo'n 100 m. Om het station weer op de juiste hoogte te krijgen, wordt regelmatig een raketmotor aangezet. Dat noem je een reboost.
Leg uit waarom het ISS regelmatig zo'n reboost nodig heeft.

c De modules van het ISS waarin mensen verblijven, zijn gevuld met lucht. Hierdoor staan deze modules onder een druk van 101,3 kPa.
Reken deze druk om naar hPa. Wat valt je op?

d De lucht aan boord van het ISS heeft dezelfde samenstelling als de aardatmosfeer. Om die atmosfeer in stand te houden, wordt een apparaat gebruikt dat zuurstof uit water maakt. Er is bovendien altijd een reservevoorraad aan zuurstof aanwezig.
Waarom is er aan boord van het ISS voortdurend behoefte aan nieuwe zuurstof?

e De druk in het ISS wordt zorgvuldig in de gaten gehouden. Als de druk opeens begint te dalen, wordt er meteen alarm geslagen.
Wat is er in dat geval waarschijnlijk aan de hand?

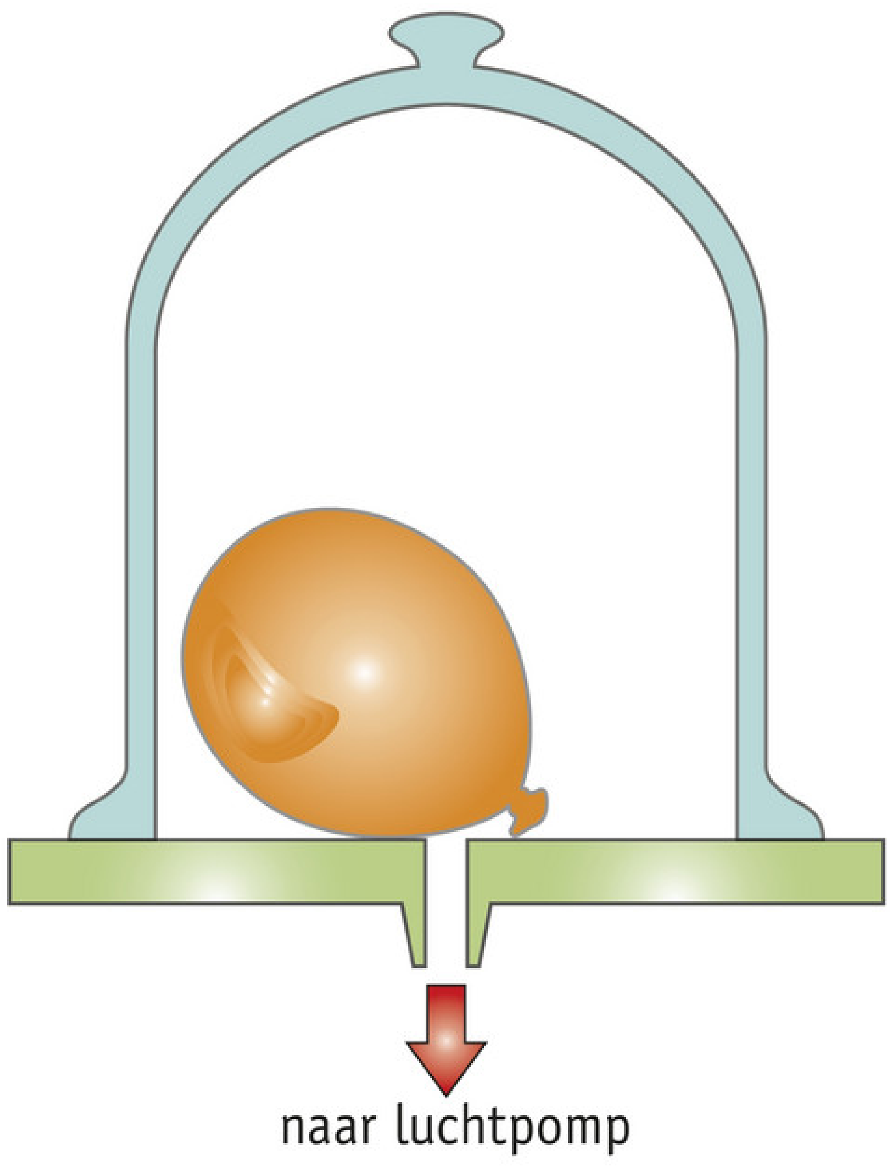
9

Jesse legt een half opgeblazen ballon onder een glazen stolp.
Daarna zet hij een luchtpomp aan die de lucht onder de stolp wegpompt (figuur 10).

a Hoe ziet de ballon eruit als (bijna) alle lucht onder de stolp is weggepompt?

b Geef hiervoor een verklaring. Gebruik de woorden 'luchtdruk' en 'tegendruk'.

c Je kunt de ballon vervangen door een dot scheerschuim of een chocozoen.
Leg uit hoe het komt dat je dan iets vergelijkbaars ziet gebeuren.



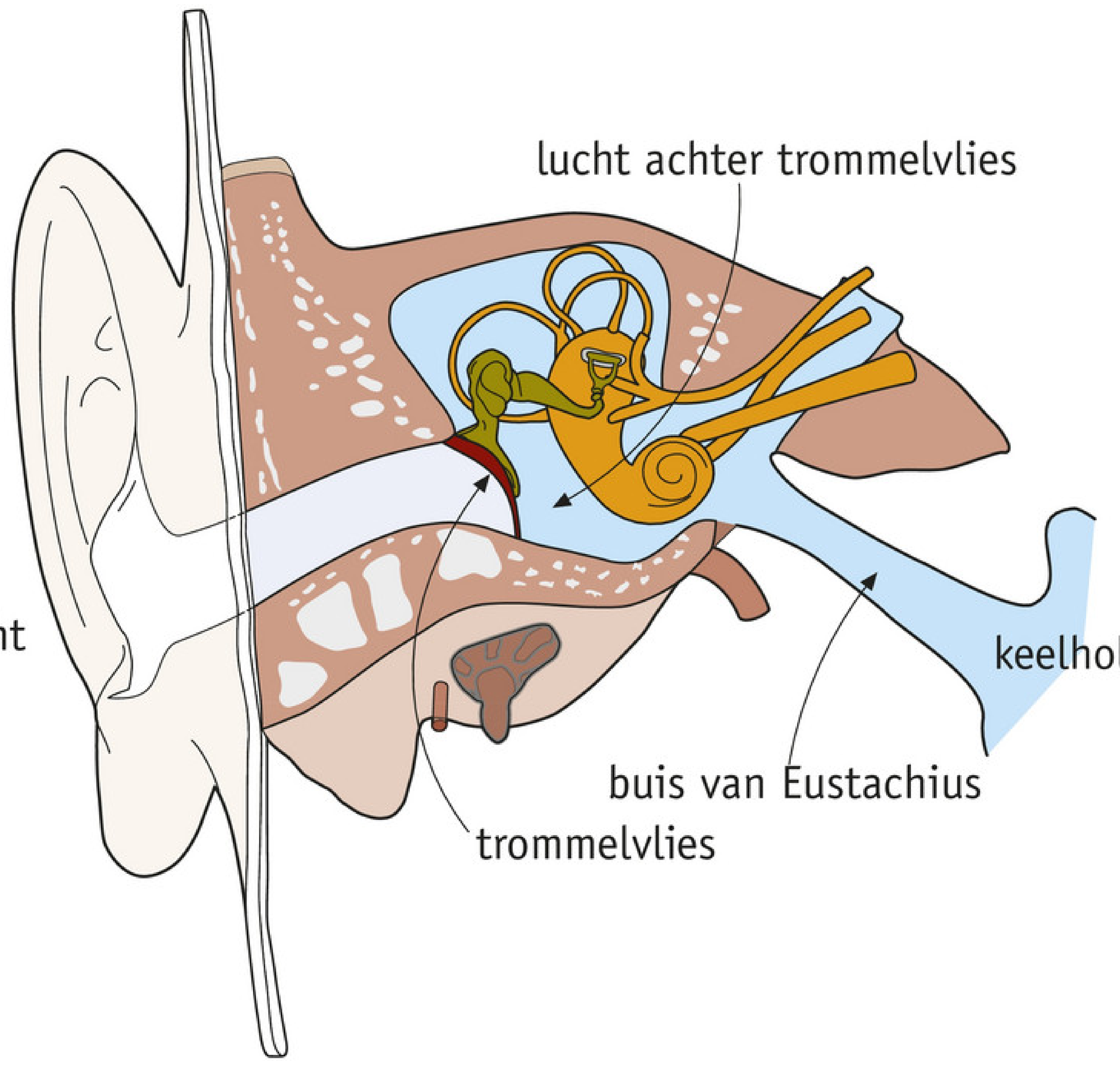
figuur 10 Een proef met een half opgeblazen ballon.

10 Als je met een auto tegen een berg oprijdt, kun je last van je oren krijgen. Er is dan een drukverschil tussen de buitenlucht en de lucht achter het trommelvlies (figuur 11).

a Aan welke kant van het trommelvlies is de druk dan het grootst?

b Als je naar beneden gaat, kunnen je oren weer pijn gaan doen. Aan welke kant van het trommelvlies is de druk nu het grootst?

c Als de buis van Eustachius verstopt is, merk je drukverschillen het best. Leg uit hoe dat komt.



figuur 11 Een oor in doorsnede.

Test je kennis met de *Test jezelf*.

EXTRA HET RUIMTEPAK

11 Vul in.

a Tot ongeveer .... km hoogte boven zeeniveau kan je lichaam zich nog wel aanpassen aan de steeds .... luchtdruk.

b Verkeersvliegtuigen hebben een .... waarin de druk veel .... is dan die van de ijle lucht op 10 km hoogte.

c Een ruimtepak voorziet de drager van voldoende .... om te ademen en verwijdert tegelijk de uitgeademde ....

d Een ruimtepak oefent een druk uit op het .... van de astronaut die even groot is als de druk in haar of zijn ....

12 Het ruimtestation ISS is gevuld met gewone lucht van 1013 hPa (zie opdracht 8). Maar tijdens een ruimtewandeling ademt een astronaut zuivere zuurstof in met een druk van 297 hPa.

a Tot welke druk moeten de verschillende luchtdichte ruimtes in het ruimtepak dus worden opgeblazen?

b Wat gaat er fout als je een astronaut gewone lucht van 297 hPa zou laten inademen?

c Door de astronaut zuurstof te laten inademen, kun je de druk in het ruimtepak laag houden.
Leg uit waarom een lagere druk een astronaut meer bewegingsvrijheid geeft. Tip: denk aan het oppompen van een fietsband.

d De buitenste lagen van een ruimtepak bestaan uit een weefsel dat ook voor kogelvrije vesten wordt gebruikt. Dit weefsel moet micrometeorieten (snel bewegend ruimtegruis) tegenhouden.
Wat gaat er fout als een micrometeoriet een lek slaat in een van de luchtdichte ruimtes in het ruimtepak?

4 De bouw van het heelal

LEERDOELEN

7.4.1 Je kunt sterren, planeten en sterrenbeelden vinden met behulp van een sterrenkaart.
7.4.2 Je kunt uitleggen wat een ster is en dat de zon eigenlijk maar een heel gewone ster is.
7.4.3 Je kunt toelichten wat de kleur van een ster te maken heeft met de hoeveelheid warmte en straling die deze ster uitzendt.
7.4.4 Je kunt uitleggen wat een sterrenstelsel is en wat je kunt zien van 'ons eigen sterrenstelsel'.
7.4.5 Je kunt in grote lijnen beschrijven hoe het heelal volgens inzichten van nu is opgebouwd.
EXTRA 7.4.6 Je kunt uitleggen wat exoplaneten zijn en hoe ze door astronomen worden opgespoord.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN					
	7.4.1	7.4.2	7.4.3	7.4.4	7.4.5	7.4.6
Onthouden	1b, 2e, 3ab	1a, 2ab	1c	1d, 2c	2d	
Begrijpen			5a	4		9a
Toepassen	6abcde, 7a		5b			9bcde, 11
Analyseren	7b		5c		8	10

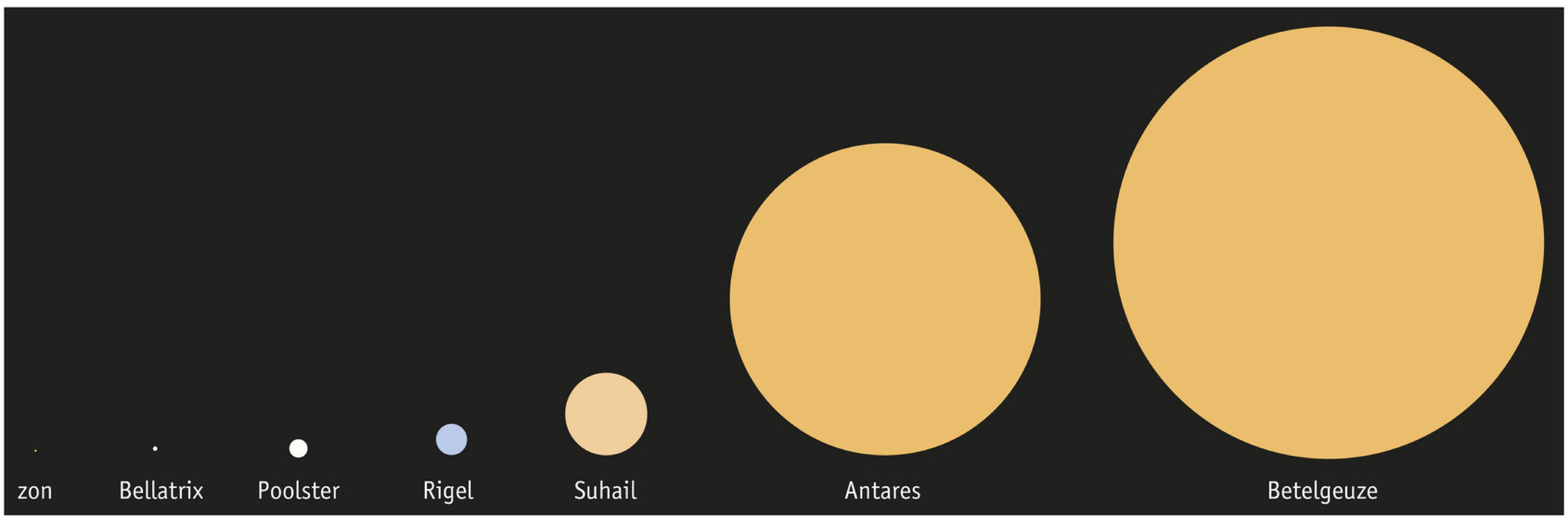
Als je in de nacht naar een wolkeloze hemel kijkt, zie je veel sterren. Je ziet dan een stukje van het onvoorstelbaar grote heelal. De sterren zijn de belangrijkste hemellichamen in het heelal. Heel veel sterren samen vormen een sterrenstelsel.

STERREN

Een **ster** is een bolvormige, gloeiende gasbol met een heel hoge temperatuur. Daardoor zendt een ster heel veel warmte en straling uit. De zon is ook een ster.
Sterren die vanaf de aarde met het blote oog zichtbaar zijn hebben vaak een naam.

Sterren staan ver bij elkaar vandaan. De ster die het dichtst bij onze zon staat is Proxima Centauri. De afstand van de zon tot Proxima Centauri is 40 000 000 000 000 km (40 biljoen km). Met het snelste ruimtevaartuig zouden mensen er ongeveer 19 000 jaar over doen om deze ster te bereiken.

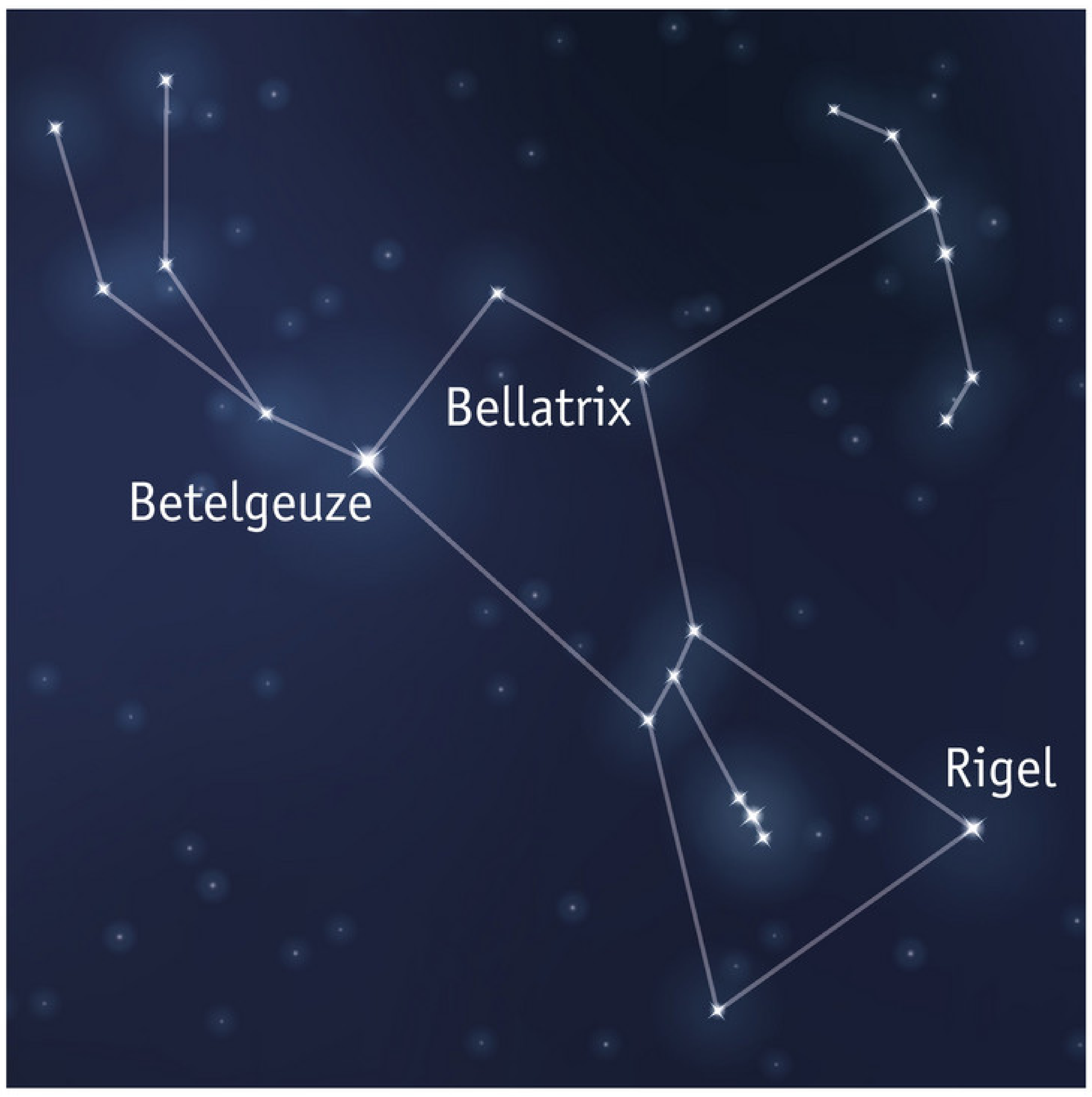
Sterren zijn niet allemaal even groot. In figuur 1 is de zon op schaal getekend.



figuur 1 De grootte van enkele sterren vergeleken met de zon.

De diameter van Betelgeuze is meer dan duizend keer groter dan die van de zon. Betelgeuze is de ster in het sterrenbeeld Orion in figuur 2. Er zijn ook sterren die kleiner zijn dan de zon. In het algemeen geldt voor sterren met dezelfde temperatuur: hoe groter de ster, des te meer licht en warmte deze uitzendt.

Sterren hebben niet allemaal dezelfde kleur. Er zijn rode sterren zoals Betelgeuze. De zon heeft een geelwitte kleur. Rigel heeft een blauwwitte kleur. De kleur van de ster zegt iets over de temperatuur van de ster. Hier staan de kleuren van sterren van koel (toch nog ongeveer 3000 °C) tot zeer heet: rood – oranje – geel – groen – blauw. Hoe hoger de temperatuur van een ster, des te meer licht en warmte deze uitzendt.



figuur 2 Enkele sterren van het sterrenbeeld Orion.

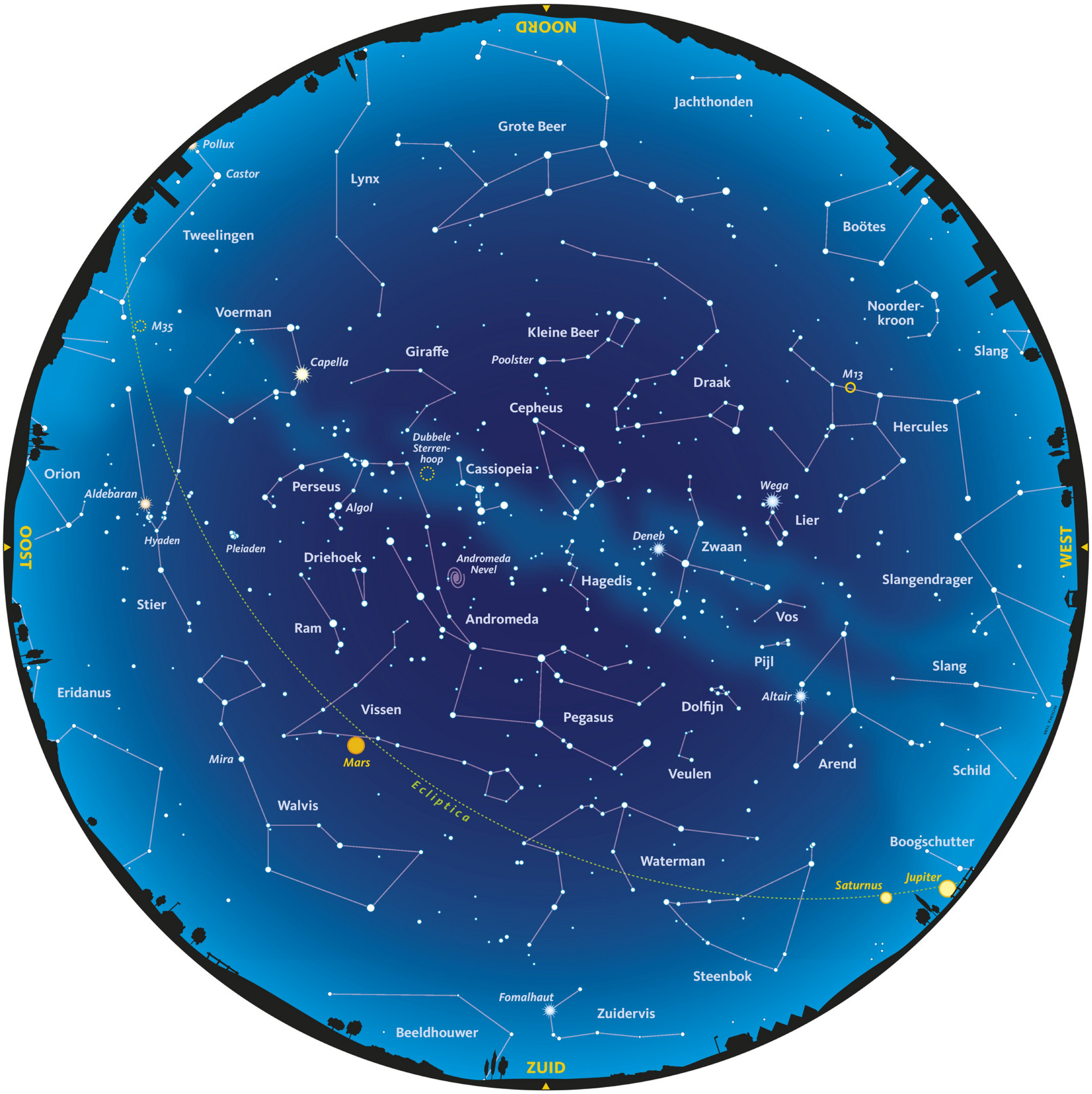
DE STERRENKAART

PROEF 5

Op een **sterrenkaart** kun je zien hoe de sterrenhemel eruitziet tijdens een wolkeloze nacht (figuur 3). De sterren worden op zo'n kaart weergegeven als kleine stippen. Hoe helderder een ster eruitziet, des te groter is de stip op de kaart. Dat betekent niet dat een heldere ster ook echt groter is. De grootte van de stippen zegt alleen iets over de helderheid van de sterren.

Een kaart zoals figuur 3 laat een momentopname zien. Hij geeft de sterrenhemel weer op één bepaald moment en vanaf één bepaalde plaats. Een uur later ziet de sterrenhemel er anders uit, omdat alle sterren dan zijn opgeschoven langs de hemel. Er zijn daarom apps gemaakt die voor elk tijdstip en elke plaats een sterrenkaart op maat kunnen leveren.

De dichtstbijzijnde ster is de zon. Net als alle sterren is de zon een enorme bol gloeiend hete gassen. Het oppervlak is zo heet dat het licht en andere soorten straling uitzendt. Vergeleken met andere sterren is de zon niet bijzonder groot en ook niet bijzonder heet. Er bestaan sterren die veel meer licht en andere straling uitzenden dan de zon.



figuur 3 De sterrenhemel op 15 oktober 2020 om 23:00 uur, gezien vanuit Nederland.

STERRENSTELSELS

Als het echt donker is, kun je aan de hemel een band van licht zien. Deze band wordt de **Melkweg** genoemd. In figuur 3 loopt de Melkweg van linksboven naar rechtsonder over de kaart. Het is in Nederland 's avonds en 's nachts bijna nergens meer echt goed donker. Met het blote oog is de Melkweg dus niet goed te zien. Daarvoor heb je een telescoop nodig. Als je de Melkweg door zo'n telescoop bekijkt, zie je dat hij uit talloze sterren bestaat. De sterren lijken zwak, doordat ze zo ver weg staan. De zon en alle zichtbare sterren maken deel uit van de Melkweg. De Melkweg is een **sterrenstelsel**. De Melkweg bestaat uit ongeveer 400 miljard sterren en heeft de vorm van een enorme schijf met spiraalarmen. In figuur 4 zie je dat ons zonnestelsel, en dus ook de aarde, zich bevindt in één van de spiraalarmen van de Melkweg.



figuur 4 De plaats van de aarde in de Melkweg.

Telescopen zijn in de loop van de tijd steeds beter geworden. Ze kunnen sterren en andere 'objecten' in beeld brengen die veel te zwak zijn om met het blote oog te zien (figuur 5). Ook zijn er telescopen ontwikkeld die andere soorten straling waarnemen, zoals infrarode en ultraviolette straling. Mede dankzij deze instrumenten weten we nu beter hoe het heelal eruitziet.



figuur 5 De twee Keck-telescopen op Hawaii hebben spiegels met een diameter van 10 m.

Astronomen hebben ontdekt dat er nog veel meer sterrenstelsels bestaan. In figuur 6 zie je het sterrenstelsel M81. Met een kleine telescoop is M81 zichtbaar in de buurt van het sterrenbeeld Grote Beer. M81 lijkt veel op de Melkweg.



figuur 6 Sterrenstelsel M81. De sterren op de voorgrond horen bij 'onze' Melkweg.

Astronomen zien door hun telescopen sterrenstelsels overal in het heelal. In figuur 7 zie je een foto die is gemaakt met de ruimtetelescoop Hubble (figuur 8). De stipjes die je ziet zijn geen sterren maar sterrenstelsels. Elk sterrenstelsel bestaat weer uit miljarden sterren. Het totale aantal sterrenstelsels wordt geschat op meer dan 2000 miljard. Het heelal is dus onvoorstelbaar groot.



figuur 7 De stipjes die je ziet zijn geen sterren, maar sterrenstelsels. Elk sterrenstelsel bestaat uit miljarden sterren.



figuur 8 Ruimtetelescoop Hubble. De wolken zijn van de aarde.

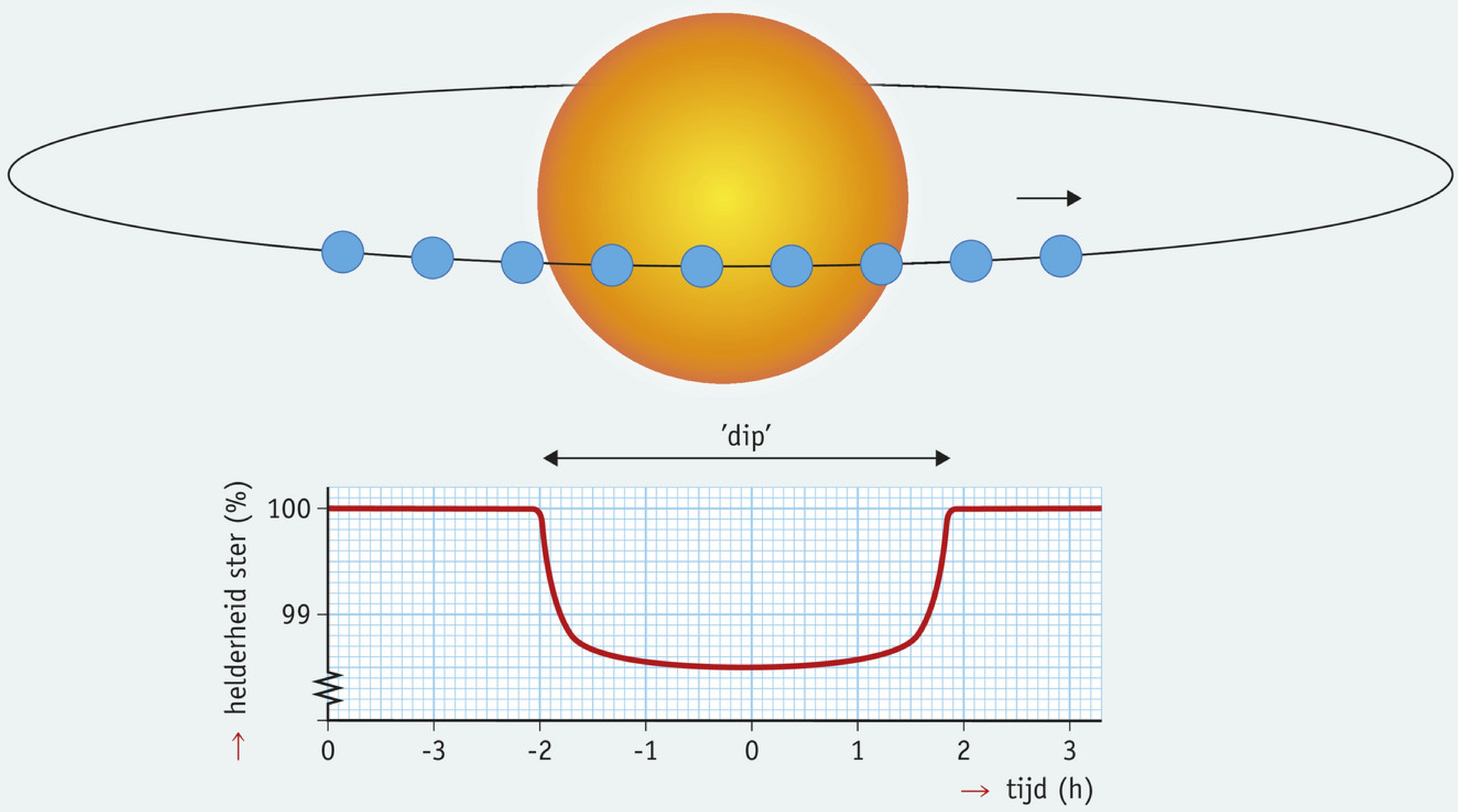
Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

EXTRA EXOPLANETEN

Het zonnestelsel is niet uniek in het heelal. Er zijn veel meer sterren die een of meer planeten hebben. Planeten rond andere sterren dan de zon worden exoplaneten genoemd. Het Griekse woord 'exo' betekent *buiten*; exoplaneten worden zo genoemd omdat ze zich buiten ons zonnestelsel bevinden. De eerste exoplaneet werd ontdekt in 1992. Eind 2020 waren er meer dan vierduizend exoplaneten bekend.

Astronomen kunnen exoplaneten niet rechtstreeks waarnemen. Daarvoor weerkaatst zo'n planeet niet genoeg licht naar de aarde. In plaats daarvan kijken astronomen naar het licht van de ster waar de exoplaneet omheen draait. Kleine veranderingen in dat licht kunnen de aanwezigheid verraden van een of meer exoplaneten.

Een exoplaneet kan als volgt worden opgespoord. Een telescoop meet de hoeveelheid licht die een ster uitstraalt. Als er een exoplaneet voor de ster langs beweegt, houdt die exoplaneet wat licht tegen en meet de telescoop dus een 'dipje' in de hoeveelheid licht (figuur 9). Eén omlooptijd later ontstaat er weer zo'n dipje, en nog een omlooptijd later weer een. Voor astronomen vormt zo'n serie dipjes het bewijs dat er een exoplaneet rond de ster draait.



figuur 9 Als een planeet voor een ster langs beweegt, is zo'n ster tijdelijk minder helder.

LEERSTOF

1 Vul in.

a Een ster is een enorme bol gloeiend hete .... Het oppervlak is zo heet dat het licht en andere soorten .... uitzendt.

b Op een .... kun je zien hoe de sterrenhemel eruitziet tijdens een wolkeloze nacht.

c De .... van een ster zegt iets over de temperatuur van die ster.

d Het sterrenstelsel waar ons zonnestelsel zicht in bevindt, heet de .... Die bestaat uit enkele honderden .... sterren.

2 Geef van elke uitspraak aan of hij waar of onwaar is.

a De zon is een ster die veel dichter bij de aarde staat dan de andere sterren. *waar / onwaar*

b De zon is vergeleken met de meeste andere sterren bijzonder groot en heet. *waar / onwaar*

c De Melkweg is een sterrenbeeld met verschillende opvallend heldere sterren. *waar / onwaar*

d Er bestaan meer dan een miljard sterrenstelsels. *waar / onwaar*

e De sterrenhemel ziet er elk uur anders uit. *waar / onwaar*

3 Beantwoord de volgende vragen.

a Welke ster staat het dichtst bij de zon?

○ A Betelgeuze
○ B Proxima Centauri
○ C Rigel

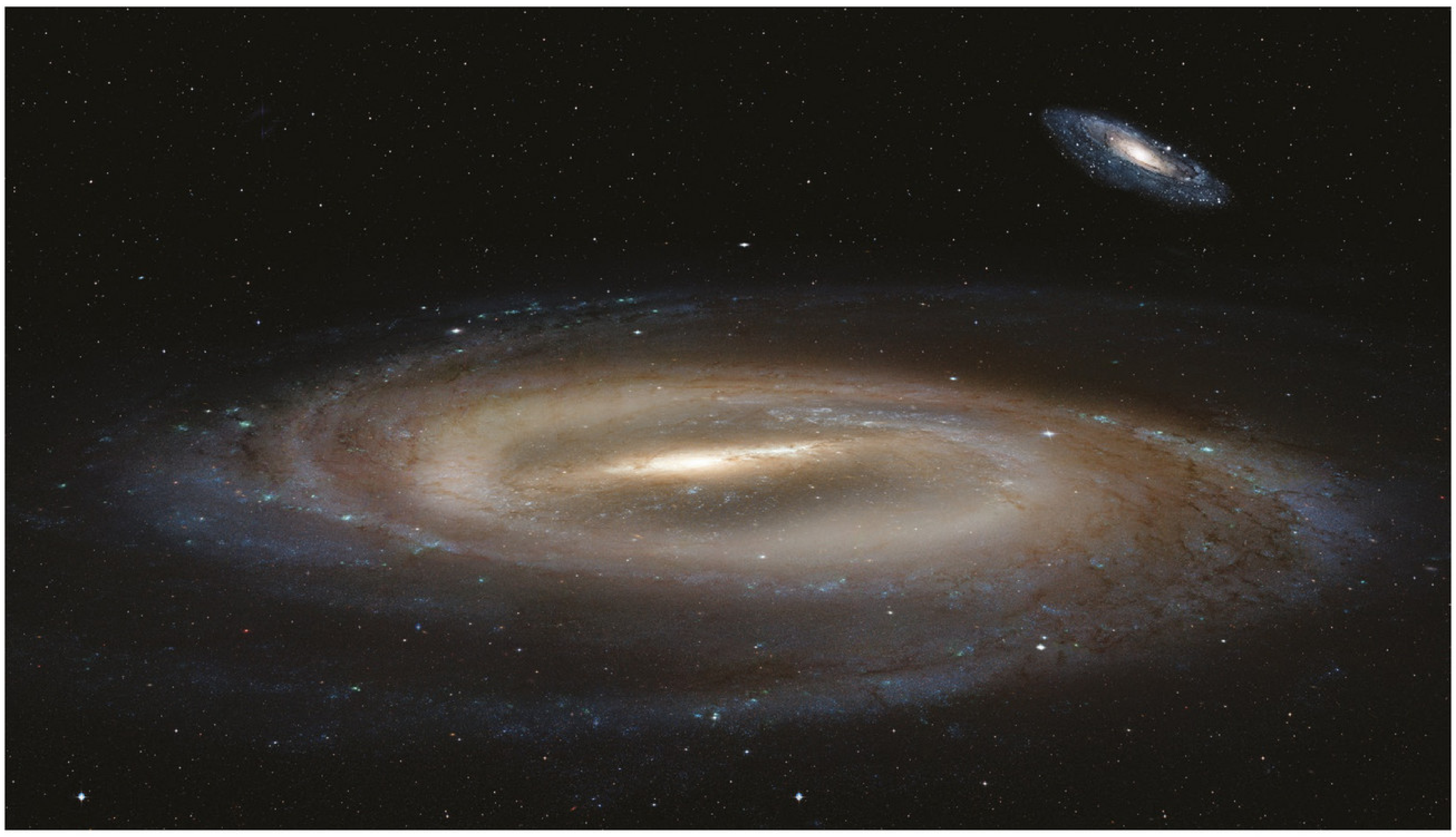
b Hoever staat deze ster van de zon? Geef je antwoord met cijfers.

.... km

TOEPASSING

4 Wat stellen de twee ovale schijven in figuur 10 voor?

○ A een ster en een sterrenstelsel
○ B twee sterren
○ C twee sterrenstelsels



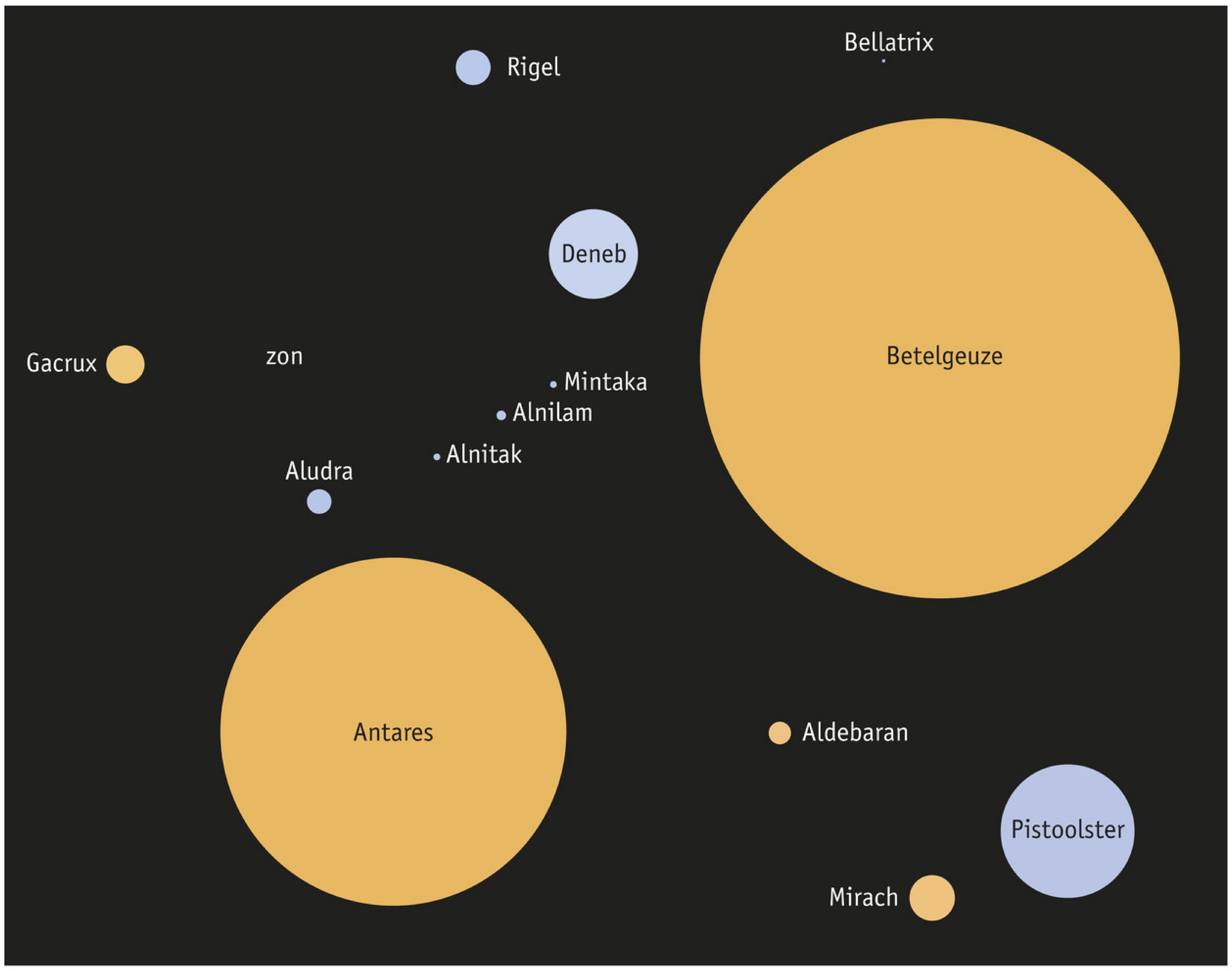
figuur 10 Een blik in het heelal.

5 Bekijk figuur 11.

a Welke ster zendt de meeste warmte en het meeste licht uit: Antares of Betelgeuze? Leg je antwoord uit.

b Welke ster heeft de hoogste temperatuur: Pistoolster of Aldebaran?

c Waarom weet je niet of Aludra of Gacrux de meeste warmte en het meeste licht uitzendt?



figuur 11 Sterren verschillen in temperatuur en in grootte. De zon is zo klein, dat zij op de afbeelding niet zichtbaar is.

6 De opdrachten hieronder gaan over de sterrenkaart in figuur 3.

a In welk sterrenbeeld stond de planeet Mars op het afgebeelde tijdstip?

b Welke planeet op de groene stippellijn staat op het punt om in het zuidwesten onder te gaan?

c Welk sterrenbeeld op de groene stippellijn is in het noordoosten bezig op te komen?

d In welke richting is het sterrenbeeld Grote Beer te vinden volgens de kaart?

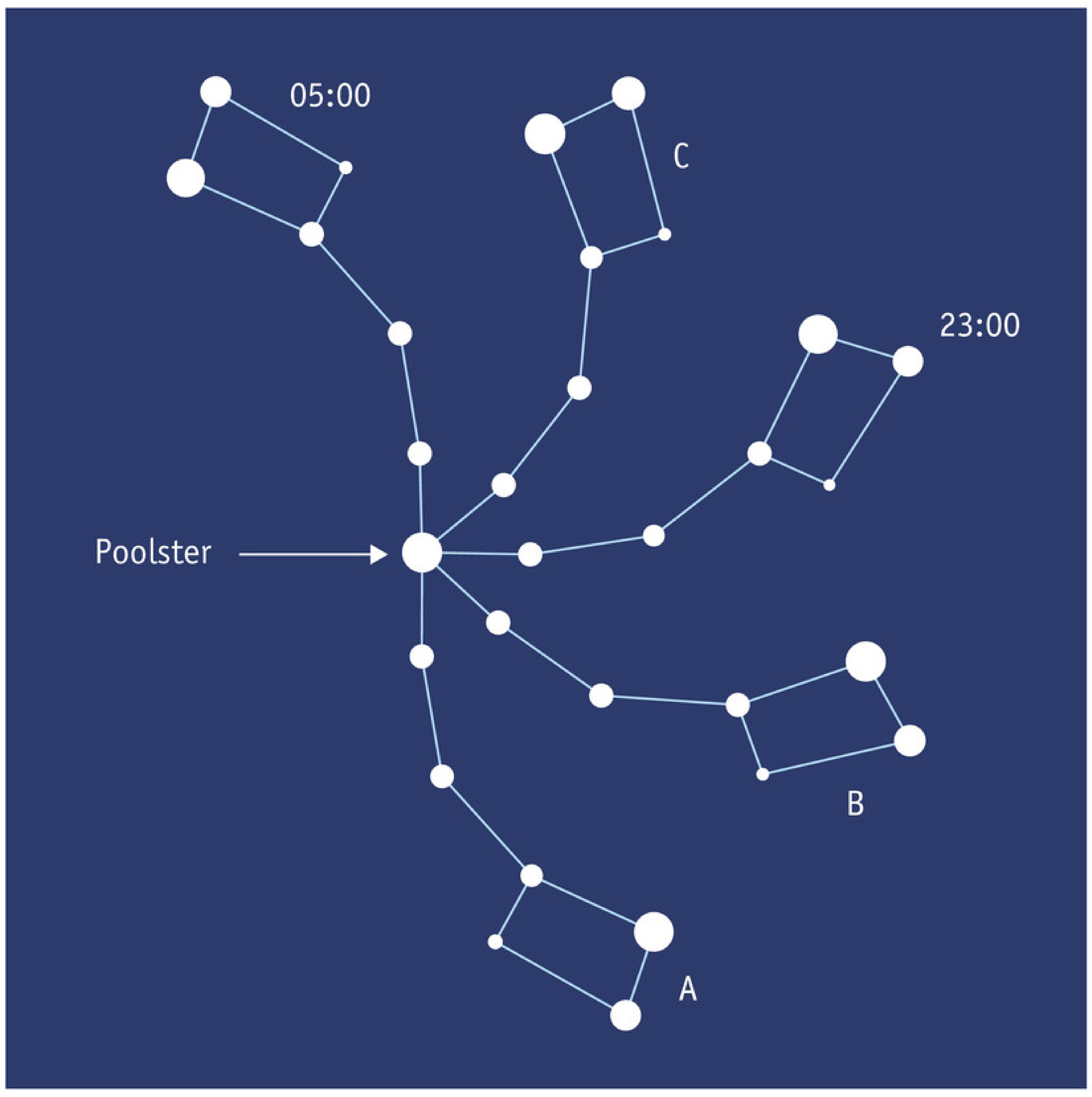
e Hoe noem je de band van licht die van noordoost naar zuidwest loopt?

★ 7

In figuur 12 is het sterrenbeeld Kleine Beer getekend, zoals dat op 15 oktober 2020 om 23:00 uur en op 16 oktober om 05:00 uur aan de hemel stond. Vergelijk figuur 12 met figuur 3. In figuur 12 zijn nog drie andere posities (A tot en met C) aangegeven.

a Op welke positie stond de Kleine Beer op 16 oktober 2020 om 02:00 uur?

b Noteer de tijdstippen die bij de overige twee posities horen.



figuur 12 Hoe draait de Kleine Beer?

★ 8

Je kunt op internet prachtige foto's van sterrenstelsels vinden. Gebruik bijvoorbeeld de zoekwoorden: *NASA galaxy Hubble*. Let erop dat je een echte astronomische foto nodig hebt en geen *artist's impression* of een collage van verschillende afbeeldingen.
Zoek zo een sterrenstelsel uit om er meer informatie over te verzamelen. Bijvoorbeeld:

- Waar staat het sterrenstelsel aan de hemel?
- Wat voor soort sterrenstelsel is het?
- Hoe ver staat het stelsel van de aarde?
- Hoe groot is de doorsnede (in lichtjaren)?
- Hoe beweegt het stelsel ten opzichte van de aarde?
- Wat maakt het sterrenstelsel bijzonder of opvallend?

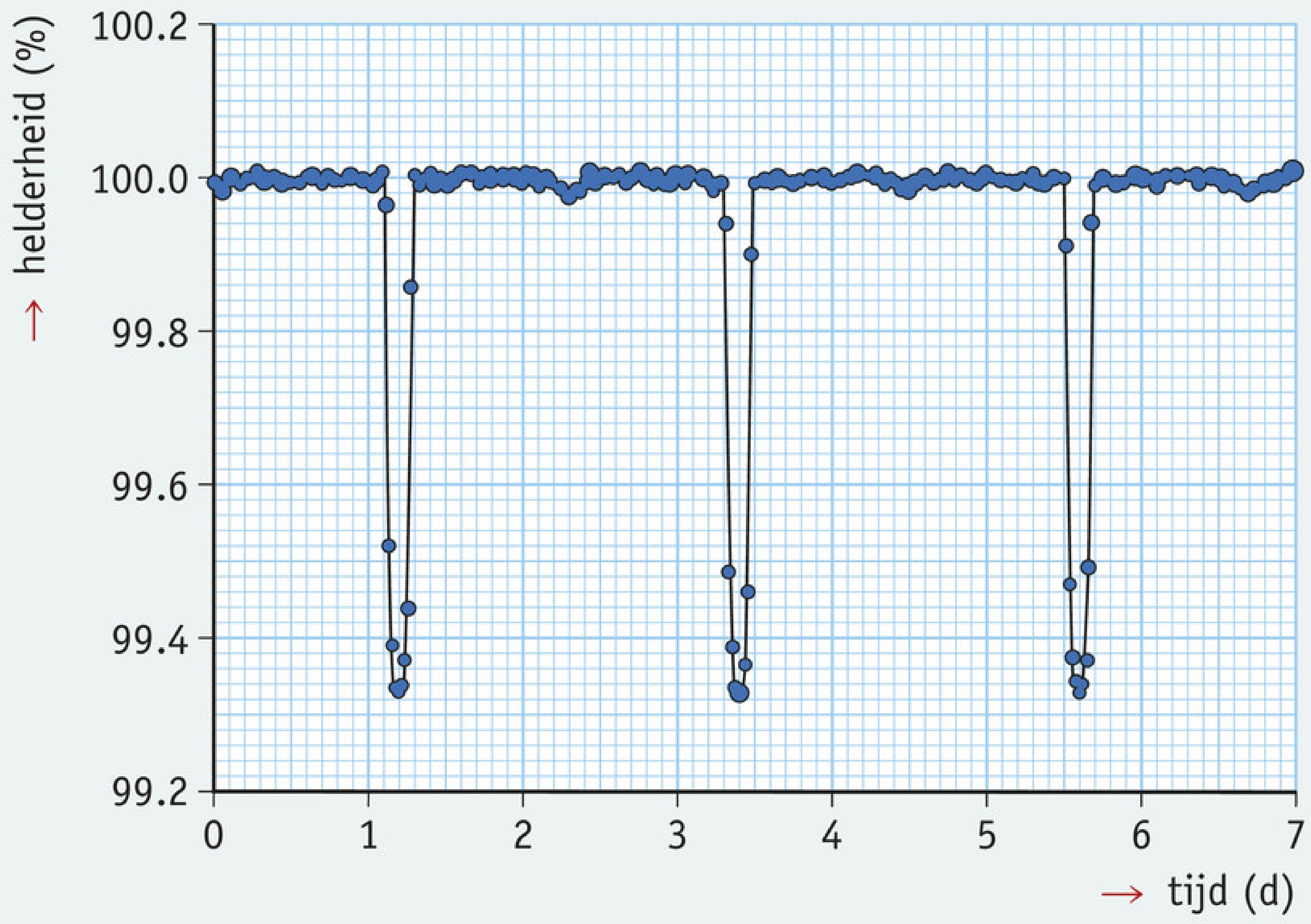
Verwerk je bevindingen tot een kort werkstuk van twee pagina's A4, met afbeeldingen.

Test je kennis met de *Test jezelf.*

EXTRA EXOPLANETEN

9 De ruimtetelescoop Kepler was actief van 2009 tot 2018. De telescoop zocht naar exoplaneten door systematisch de helderheid van zo'n half miljoen sterren te meten. De gegevens werden verwerkt tot grafieken, waarin de helderheid van een ster werd uitgezet tegen de tijd. Zo'n grafiek wordt een lichtkromme genoemd.
Bekijk de lichtkromme van de ster HAT-P-7 in figuur 13.

a Waaraan zie je dat er met regelmatige tussenpozen een planeet voor de ster langs beweegt?
b Hoe groot is de afname van de hoeveelheid licht die de ster uitzendt (in procenten)?
c Waaraan kun je zien dat de planeet maar klein is vergeleken met de ster, waar hij omheen draait
d Lees uit de grafiek af hoe groot de omlooptijd van deze planeet is.
e Wat kun je uit de omlooptijd opmaken over de afstand tussen de exoplaneet en de ster waar hij omheen draait?



figuur 13 De lichtkromme van ster HAT-P-7.

10 De besproken manier waarop je een exoplaneet kunt aantonen werkt alleen als je vanaf de aarde 'recht van opzij' tegen de baan van een planeet aankijkt. Planeten waarvan je de baan onder een andere hoek ziet, kun je op deze manier niet vinden.
Leg met een tekening uit waarom je bij zo'n planeet geen 'dip' in het sterlicht ziet.

11 De ruimtetelescoop Kepler heeft planeten gevonden in allerlei groottes, van iets kleiner dan de aarde tot nog groter dan Jupiter. Maar astronomen gaan ervan uit dat Kepler kleinere planeten, met de grootte van Mars of Mercurius, vaak over het hoofd gezien heeft.
Leg uit waarom een kleine planeet zoals Mars moeilijker te vinden is dan een grotere planeet.

Practica

PROEF 1 DE TIJD BEPALEN ZONDER KLOK

20 minuten

Naar: esero.nl

Let op: Doe deze proef alleen op een zonnige dag.

Nodig

- ☐ knipblad zonnewijzer achter in dit boek
- ☐ lijm
- ☐ schaar
- ☐ kompas

Uitvoeren en uitwerken

- Knip de twee tekeningen uit het knipblad.
  - Woon je in het noorden van Nederland, knip dan langs de lijn 53°.
  - Woon je in het midden van Nederland, knip dan langs de lijn 52°.
  - Woon je in het zuiden van Nederland, knip dan langs de lijn 51°.
- Vouw de tekeningen langs de onderbroken lijnen. Niet langs de stippellijnen.
- Zet de zonnewijzer in elkaar.
- Pak het kompas en zet de pijl met ZUID naar het zuiden neer.

- Doe je deze proef in de maanden april, mei, juni, juli, augustus, september of oktober volg dan route A.
- Doe je deze proef in de maanden november, december, januari, februari of maart volg dan route B.

Route A

1 Hoe laat is het op de zonnewijzer?

....

2 Hoe laat is het op je horloge of telefoon?

....

3 Er zit *wel* / *niet* veel verschil in de tijd op de zonnewijzer en op mijn horloge.

4 Leg uit wat de oorzaak hiervan zou kunnen zijn.

....

....

5 Wat moet je in de maanden april, mei, juni, juli, augustus, september of oktober dus doen als je de zonnewijzer afleest?

....

....

Route B

1 Hoe laat is het op de zonnewijzer?

....

2 Hoe laat is het op je horloge of telefoon?

....

3 Er zit *wel / niet* veel verschil in de tijd op de zonnewijzer en op mijn horloge.

4 Met een zonnewijzer kun je *wel / niet* de tijd tot op 1 minuut nauwkeurig aflezen.

PROEF 2 SCHIJNGESTALTEN NABOOTSEN

15 minuten

Naar: esero.nl

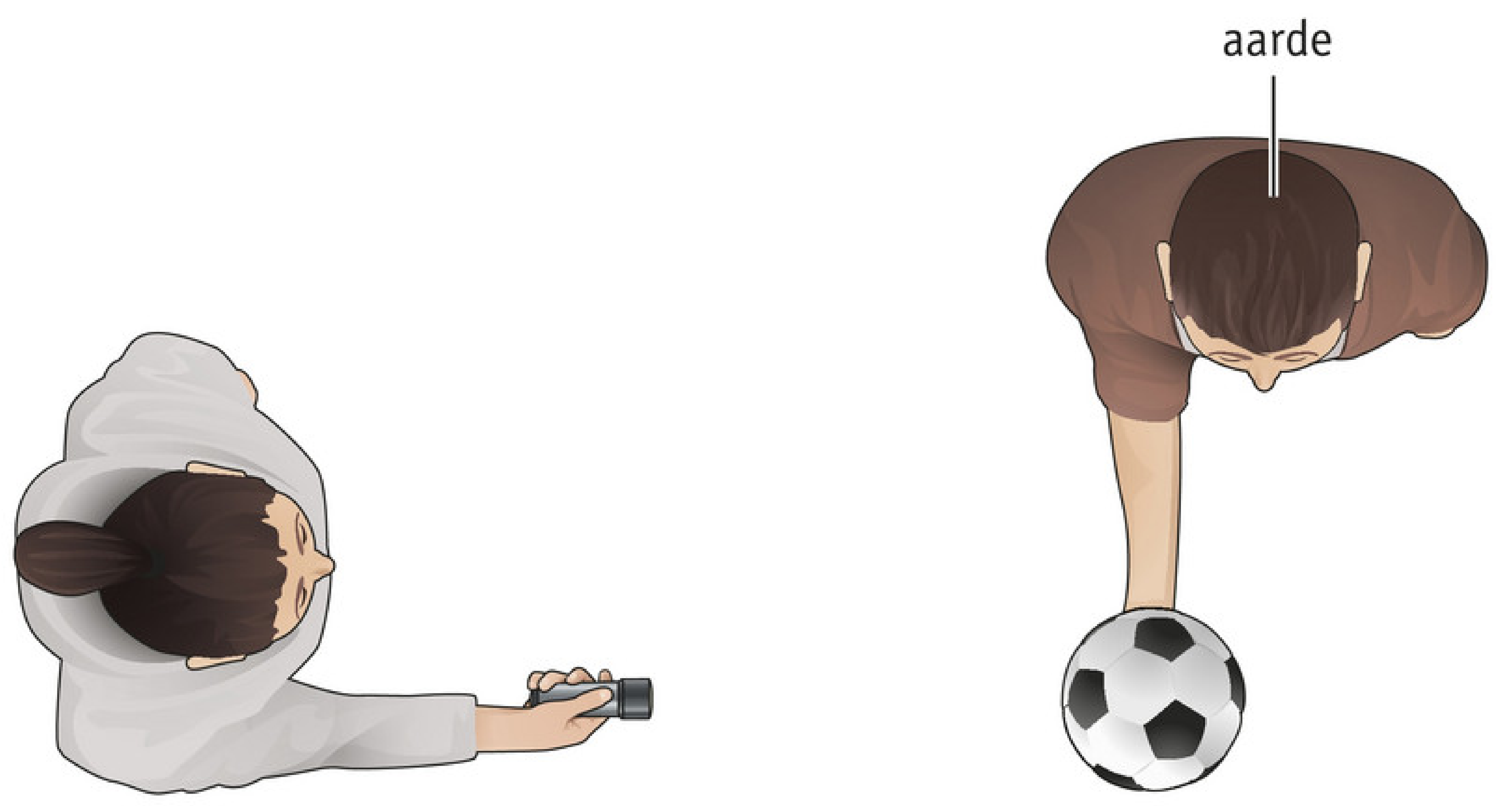
Nodig

- ☐ bal met een lichte kleur
- ☐ zaklamp

Uitvoeren en uitwerken

Voor deze proef moet het zo donker mogelijk zijn in het klaslokaal.

- Deze proef doe je samen met een klasgenoot.
- Ga zo staan zoals in figuur 1.
- Doe de zaklamp aan.
- Jij hebt de bal vast. Jouw hoofd is de aarde.

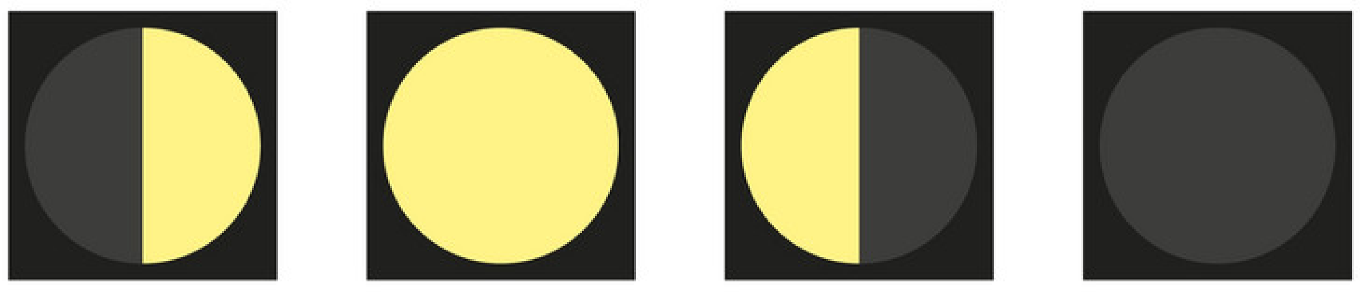


figuur 1 Proefopstelling van proef 2.

1 Wat stelt in deze proef de lamp voor?
- ○ A aarde
- ○ B maan
- ○ C zon

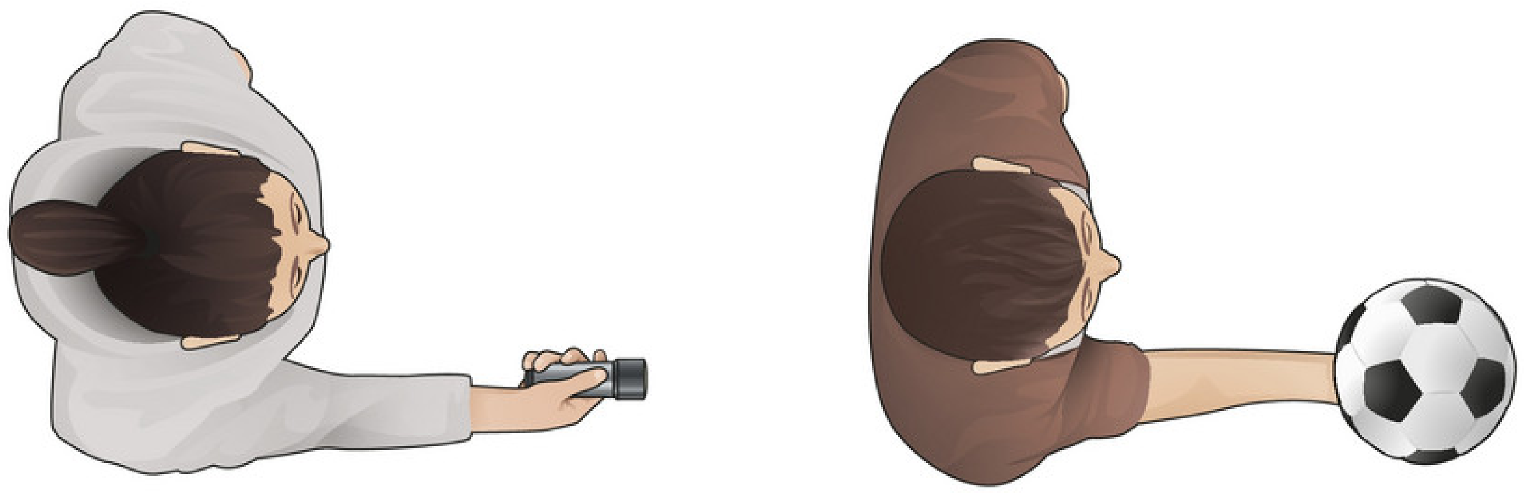
2 Wat stelt in deze proef de bal voor?
- ○ A aarde
- ○ B maan
- ○ C zon

3 Hoe zie je de bal? Kies de afbeelding die het best overeenkomt.



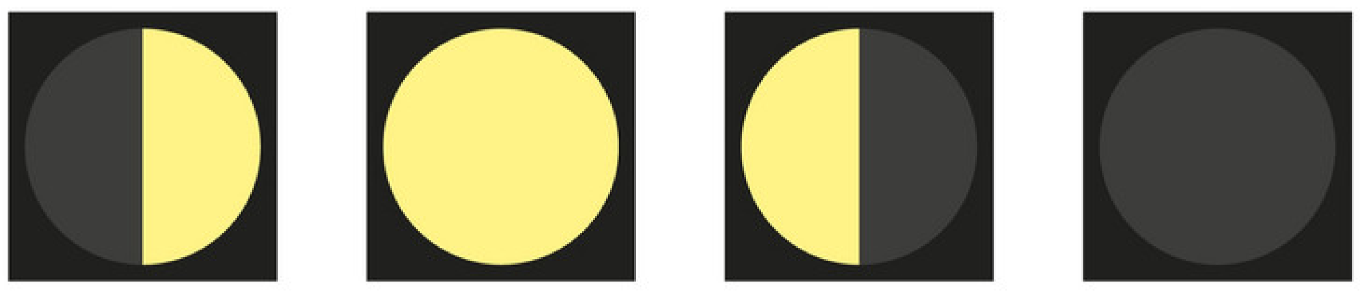
○ A ○ B ○ C ○ D

- Draai nu tegen de klok in met de bal voor je uit.
- Stop met draaien zodra je staat zoals in figuur 2.
- Zorg ervoor dat je klasgenoot over je schouder op de bal schijnt, dus niet tegen je hoofd.
- Kijk naar de bal.



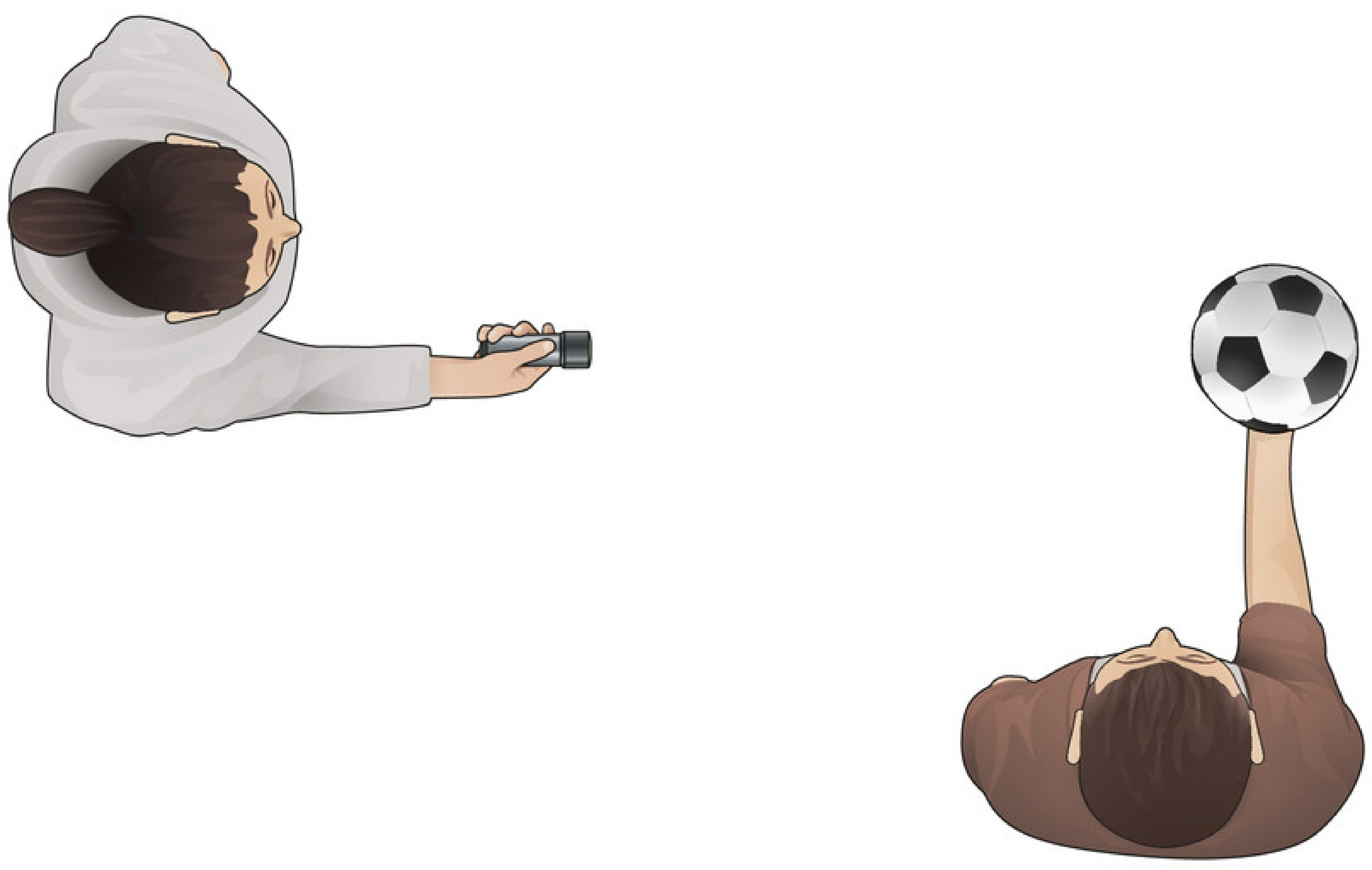
figuur 2 Tegen de klok in draaien.

4 Hoe zie jij de bal? Kies de afbeelding die het best overeenkomt.



○ A ○ B ○ C ○ D

- Draai nu verder tegen de klok in.
- Stop met draaien zodra je staat zoals in figuur 3.
- Kijk weer naar de bal.

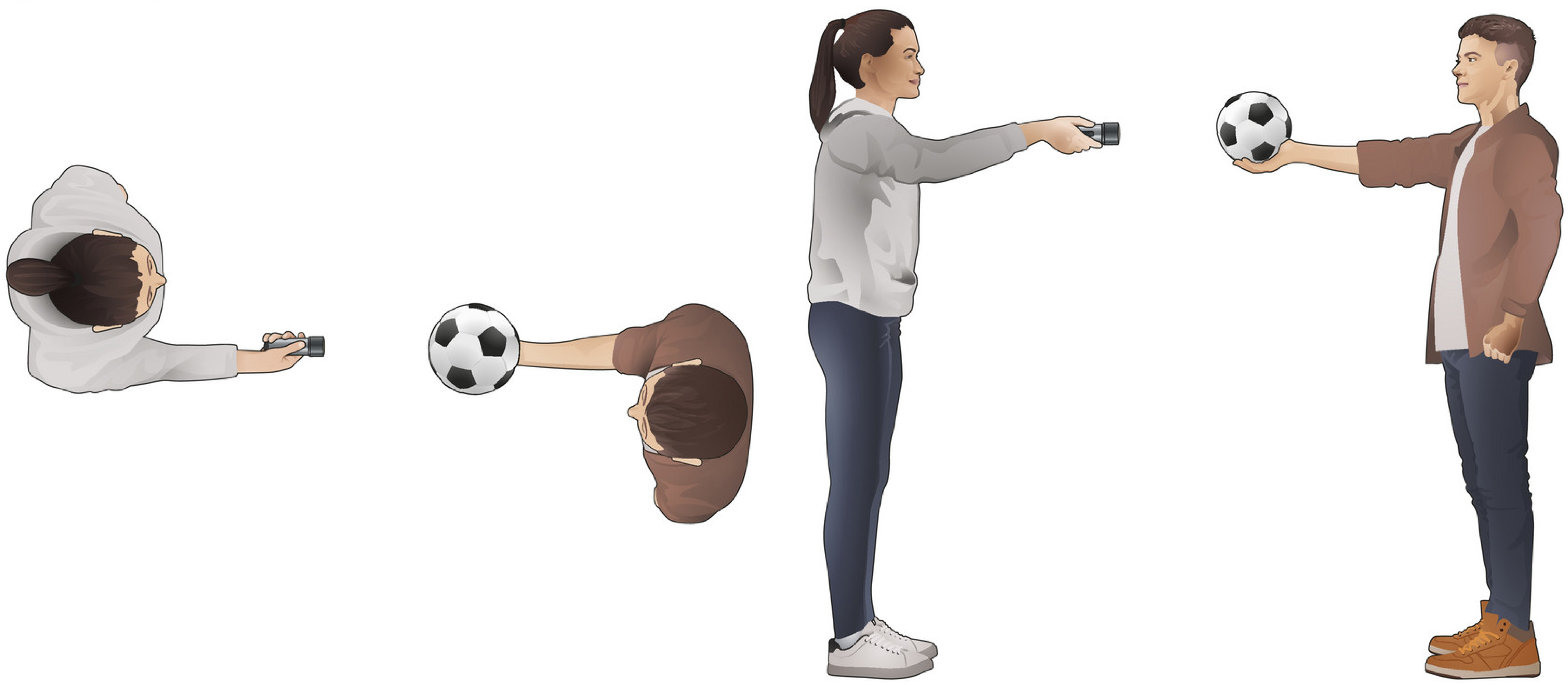


figuur 3 Tegen de klok in draaien.

5 Teken welk gedeelte van de bal nu verlicht is.

- Draai nu verder tegen de klok in.
- Stop weer met draaien zodra je staat zoals in figuur 4.
- Zorg dat je elkaar niet in de ogen schijnt.
- Kijk weer naar de bal.

figuur 4 Tegen de klok in draaien.



Houd de bal iets hoger dan de zaklamp.

6 Je kunt nu *wel* / *geen* verlicht gedeelte van de bal zien.

PROEF 3 DE GROOTTE VAN DE HEMELLICHAMEN VERGELIJKEN

10 minuten

Naar: esero.nl

Nodig

- ☐ suikerkorrels
- ☐ mosterdzaad
- ☐ quinoakorrels
- ☐ peperkorrels
- ☐ 2 gepelde hazelnoten
- ☐ 2 hazelnoten in schil
- ☐ 2 walnoten in schil
- ☐ schuifmaat

Uitvoeren en uitwerken

- Leg de stukjes etenswaar voor je op tafel.

1 In tabel 1 zie je de acht planeten met hun diameter in km.
Rond deze afstanden af op duizendtallen en noteer deze in de derde kolom. Mercurius is al voorgedaan.

tabel 1 De acht planeten van ons zonnestelsel.

hemellichaam	diameter (km)	diameter afgerond op 1000 km	diameter op schaal (mm)	keuze etenswaar
Mercurius	4878	5000	1,3	
Venus	12 104			
aarde	12 756			
Mars	6794			
Jupiter	142 984			
Saturnus	120 538			
Uranus	51 118			
Neptunus	49 528			

- Van deze grote afstanden kun je je moeilijk een voorstelling maken. Daarom bereken je nu eerst de diameter op een schaal van 1 : 4 000 000 000. Dit betekent dat je de diameter die je berekent in millimeter in werkelijkheid 4 miljard keer groter is.

2 Deel de afgeronde diameter door 4000 en schrijf de uitkomst in de vierde kolom.

- Zoek bij iedere diameter een stukje etenswaar dat er het best bij past.
- Gebruik hierbij de schuifmaat.

3 Schrijf je keuze in de vijfde kolom.

4 Leg de ‘planeten’ in de juiste volgorde.

- De zon heeft een diameter van 1 400 000 km.

5 Bereken op dezelfde manier als in opdracht 2 de diameter van de zon in mm.

....

6 Bedenk etenswaar die je in je zonnestelsel als zon kunt gebruiken.

....

7 De zon is *veel groter dan* / *ongeveer even groot als* de planeten.

PROEF 4 EEN MODEL MAKEN VAN HET ZONNESTELSEL

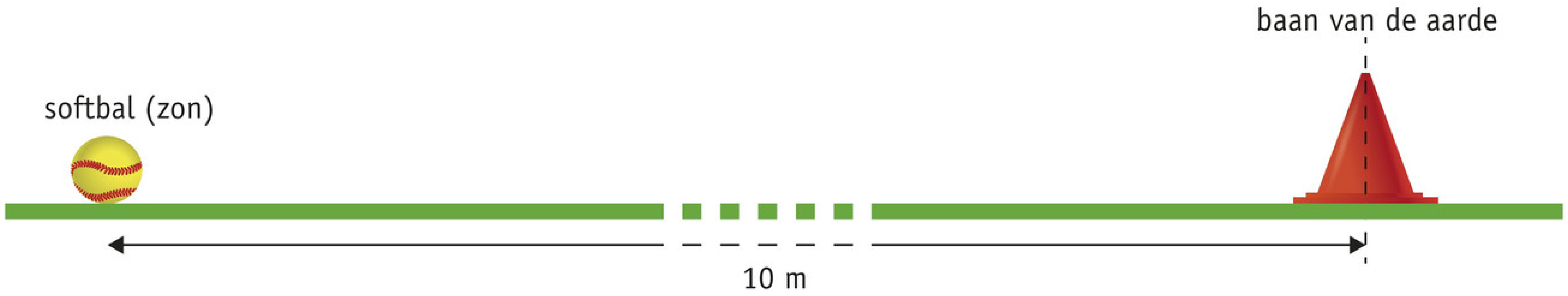
20 minuten

Inleiding
De afstanden in het zonnestelsel zijn groot. Het is moeilijk om je voor te stellen hoe ver de planeten van de zon (en van elkaar) verwijderd zijn. Een goede manier om toch een beeld te krijgen, is het maken van een schaalmodel.

Doel
In deze proef maak je een model van het zonnestelsel. In dit model geef je de afstanden tussen de zon en de planeten weer op schaal 1 : 15 000 000 000. Anders gezegd: 1 m in het model staat voor 0,1 AE (dat is 15 000 000 km) in werkelijkheid.

Nodig
- ☐ grote open ruimte (sportveld, schoolplein, grasveld)
- ☐ softbal
- ☐ 6 pionnen
- ☐ meetlint (1 m)
- ☐ touw (10 m)

Uitvoeren en uitwerken
- Om de verschillende afstanden af te meten, gebruik je een touw van 10 m waarin je om de meter een knoop in legt.
- De softbal stelt de zon voor, op de schaal van jouw model. Leg hem neer aan de rand van het sportveld/schoolplein/grasveld.
- De aarde beweegt in een baan op 1 AE van de zon. In jouw model is dat 10 m. Meet deze afstand af. Markeer de baan van de aarde met een pion (figuur 5).



figuur 5 De zon en baan van de aarde in het model van het zonnestelsel.

1 Bereken hoe groot je de afstand moeten maken in je model tussen de overige planeten en de zon. Noteer de uitkomsten in tabel 2.

tabel 2 Baangegevens van de planeten.

planeet	gemiddelde afstand tot de zon (AE)	afstanden in jouw schaalmodel (m)
Mercurius	0,39	3,9
Venus	0,73	7,3
aarde	1,0	10
Mars	1,5	15
Jupiter	5,2	52
Saturnus	9,6	96
Uranus	19	190
Neptunus	30	300

- Meet de afstanden af waarop de planeten Mercurius, Venus, Mars, Jupiter en Saturnus rond de zon bewegen. Zet telkens een pion neer om de baan van de planeet te markeren.

Verslag

- Maak een filmpje met je telefoon, waarin je het model presenteert. Begin bij de softbal die de zon voorstelt. Ga dan naar Mercurius, vervolgens naar Venus enzovoort. Vertel of laat met een bordje zien welke pion welke planeet voorstelt.
- Leg in je filmpje ten slotte uit waar de baan van Uranus en Neptunus (ongeveer) zou lopen als je die twee planeten ook in je model had opgenomen.

PROEF 5 WERKEN MET EEN STERRENKAART

20 minuten

Inleiding

Om sterren, planeten en andere hemellichamen te vinden, is een sterrenkaart onmisbaar. Er zijn apps en websites die voor elk tijdstip en elke plaats een sterrenkaart op maat leveren. Bij deze opdracht maak je kennis met Stellarium, een gratis online sterrenkaart voor op je telefoon of computer.

Doel

In deze proef leer je om sterren, sterrenbeelden en planeten aan de hemel te vinden met behulp van een online sterrenkaart.

Nodig

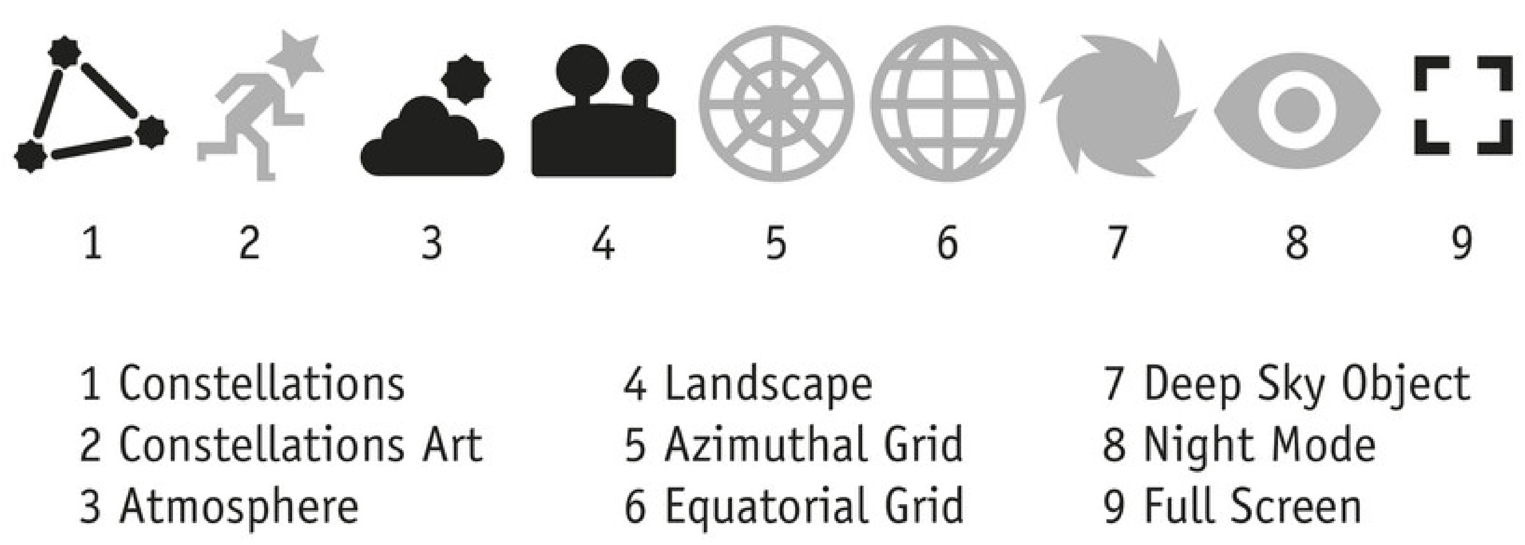
☐ computer, tablet of telefoon

Uitvoeren en uitwerken

Voorbereiden

- Start de browser op je computer of tablet. Ga naar de website https://stellarium-web.org.
- Kies voor **Locatietoegang toestaan** als Stellarium daarom vraagt.
- Klik linksboven op **View Settings**. Vink alle vakjes aan behalve **Meridian Line**.
- Midden onderaan je scherm staat een menu met negen symbolen (figuur 6).
- Zet de symbolen 1, 3, 4 en 9 op aan (= wit) en de overige symbolen op uit (= grijs).
- Klik op het vakje met de datum en tijd, rechts onder op je scherm. Stel de datum in op 21 maart 2023 (2023-03-21) en de tijd op 20:00:00.
- Klik op de pauzetoets ॥ om de klok te stoppen.
- Versleep de kaart tot je recht naar het zuiden (S) kijkt.

figuur 6 Keuzemenu in Stellarium.



1 Welke sterrenbeelden staan op dit moment aan de hemel (van oost naar west)? Gebruik de lijst met vertalingen in figuur 7. Tip: kijk in buurt van de *ecliptic*, de rode lijn.

....

....

figuur 7 Sterrenbeelden.

De namen van de sterrenbeelden
Hieronder vind je de namen van de sterrenbeelden in het Latijn en het Nederlands. In Stellarium worden de Latijnse namen gebruikt, zoals meestal in het Engelse taalgebied.

Aries – Ram	*Libra* – Weegschaal
Taurus – Stier	*Scorpius* – Schorpioen
Gemini – Tweelingen	*Sagittarius* – Boogschutter
Cancer – Kreeft	*Capricorn* – Steenbok
Leo – Leeuw	*Aquarius* – Waterman
Virgo – Maagd	*Pisces* – Vissen

2 Welke vier planeten zijn er op dit moment aan de hemel te zien (van oost naar west)?

....

3 Tussen welke twee sterrenbeelden van de dierenriem staat Mars op dit moment?

....

4 In welke windrichting moet je kijken om Venus aan de hemel te vinden?

....

5 Is het sterrenbeeld Orion op dit moment ook te zien, en zo ja, waar?

....

- Versleep de kaart tot je recht naar het noorden (N) kijkt.

6 Klik op de Poolster in het sterrenbeeld Kleine Beer.
Welke naam heeft deze ster in Stellarium?

....

7 Teken hoe je de Kleine Beer op dit moment aan de hemel ziet staan.

- Klik op het vakje met de datum en tijd, rechts onder op je scherm. Gebruik het pijltje boven het aantal uren om verder te klikken naar 02:00:00. De datum verandert ondertussen in 22 maart 2023 (2023-03-22).

8 Teken hoe je de Kleine Beer nu, om 02:00 uur, aan de hemel ziet staan.

- Versleep de kaart tot je weer recht naar het zuiden (S) kijkt.

9 Welke sterrenbeelden van de dierenriem zijn in de afgelopen zes uur opgekomen?

....

....

10 Welke planeten zijn tussen 20:00 en 02:00 uur in het westen ondergegaan?

....

11 Hoe is de positie van Mars in de afgelopen zes uur veranderd?

....

....

- Klik op het vakje met de datum en tijd, rechts onder op je scherm. Gebruik de pijltjes boven en onder de tijd om te bekijken hoe het sterrenbeeld Orion onder de horizon verdwijnt.

12 De gordel van Orion bestaat uit drie heldere sterren vlak naast elkaar.
Wanneer verdwijnt deze gordel bij benadering onder de horizon?

....

- Voor waarnemingen aan de echte sterrenhemel kun je het best de app Stellarium op je telefoon zetten. Daarmee heb je altijd een sterrenkaart bij de hand. Sterrenbeelden, bijzondere sterren en planeten zijn daarmee snel te vinden.



Leven op Mars?

Eindelijk is de dag aangebroken waarvan je allang wist dat die zou komen. Je bent dolgelukkig dat je kunt vertrekken, maar tegelijk ook erg bang voor wat komen gaat. Je zit stevig met riemen vast in je stoel van het ruimteschip. Het aftellen begint. "Three, two, one ... Lift off!" En dan schiet je omhoog, weg van planeet aarde, klaar voor de reis naar Mars die zeker een halfjaar gaat duren.

De reis

Het is 1 juli 2037. Een paar jaar geleden ben je geselecteerd voor de eerste groep pioniers die op Mars, de rode planeet, gaat wonen. Je bent uitgekozen door het internationale samenwerkingsverband *Life on Mars*, dat is opgericht na de Wereldvredesverklaring van 2030. De deelnemers zijn de voormalige ruimtevaartorganisaties NASA en ESA, de Chinese overheid en de bedrijven van Elon Musk. Deze organisaties hebben verkenners naar Mars gestuurd en waren jaren bezig met het voorbereiden van bemande vluchten. Ze kwamen tot de conclusie dat samenwerken beter ging dan concurreren bij deze complexe en dure onderneming.

De afgelopen jaren heb je een intensief trainingsprogramma gevolgd. Dat bestond uit veel technische en medische theorie en praktijklessen. Maar ook ben je getraind in psychologie, want op een evenwichtige manier omgaan met mensen is essentieel als je gedurende lange tijd met anderen in een kleine ruimte zit opgescheept. Ook heb je veel gesport. Tijdens deze reis zul je elke dag veel sportoefeningen doen. In de ruimte ben je namelijk gewichtloos, je zweeft. Daardoor hoeft je lichaam niet zo hard te werken en verlies je spier- en botmassa. Dat moet je dus compenseren door veel te sporten. Als je aankomt op Mars, wil je natuurlijk nog gezond zijn, want er staat je nogal wat te wachten ...

Een zachte landing?

De omlooptijd van Mars om de zon is 1,88 aardse jaren. Dat is de belangrijkste reden waarom de afstand tussen de aarde en Mars in de tijd varieert tussen 54,6 en 401 miljoen kilometer. Een reis naar Mars is alleen om de 26 maanden mogelijk, wanneer de twee planeten dicht genoeg bij elkaar staan. Ongeveer drie maanden lang kunnen astronauten en materiaal dan vertrekken. Mensen die naar Mars reizen, zullen daar langer dan een jaar moeten verblijven, voordat de terugreis naar aarde weer mogelijk is (tabel 1).

"In 2050 wil ik 1 miljoen mensen naar Mars hebben gebracht."
Elon Musk

tabel 1 Mogelijke vertrekdata van materiaal (dat eerder verstuurd wordt) en astronauten voor de bemande missie van 2037.

	eerst mogelijke datum	laatst mogelijke datum
vertrek transport materiaal vanaf aarde	1 april 2035	30 augustus 2035
vertrek astronauten vanaf aarde	1 juli 2037	30 september 2037
terugkeer astronauten vanaf Mars	15 april 2039	15 januari 2040

Het is januari 2038. Na vele maanden komt je ruimteschip aan bij de rode planeet (figuur 1). Tot zover is de reis goed verlopen, maar nu wordt het echt spannend! Blijft alles en iedereen heel bij de landing? Je reist nu nog met een snelheid van 21 000 km/h. Met raketten wordt die snelheid nu sterk teruggebracht. Enkele weken cirkel je nog rond de planeet, terwijl je verder afremt. Afremmen en landen is niet eenvoudig, omdat Mars een atmosfeer heeft die veel ijler is dan de dampkring op aarde. De atmosferische druk op Mars is meer dan honderd keer kleiner. Er zijn dus minder moleculen in de lucht en hoe kleiner het aantal moleculen, des te minder kunnen voorwerpen worden afgeremd. Daarom is er voor de landing een gigantische hittebestendige parachute aan boord. Nu is het tijd om die uit te gooien en dan ...

Zuurstof

Iedereen heeft de klap van de landing overleefd. De stemming aan boord is fantastisch! Na al die tijd in het ruimteschip wil iedereen graag naar buiten voor de eerste wandeling. Iedereen wurmt zich snel in het speciale ruimtepak, compleet met zuurstofflessen (figuur 2). Want ademen op Mars gaat niet vanzelf. De atmosfeer van de planeet bestaat bijna helemaal uit koolstofdioxide met maar 0,1% zuurstof.

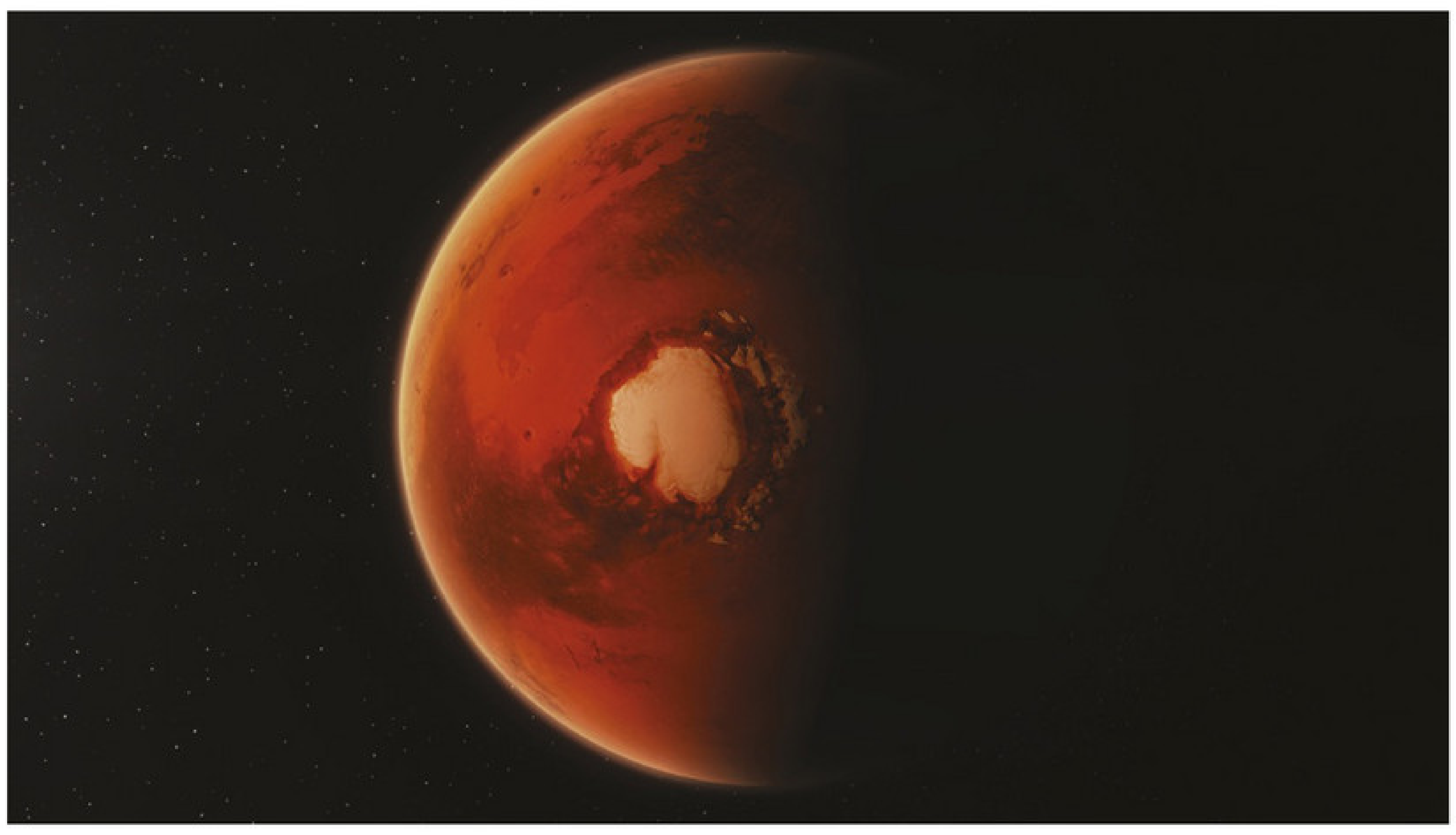
In het ruimteschip kun je ademen, omdat er steeds zuurstof wordt gemaakt door het splitsen van meegenomen water met behulp van de elektriciteit van zonnepanelen. En algen zorgen ervoor dat de koolstofdioxide die je uitademt weer wordt omgezet in zuurstof. Een van je eerste taken op Mars is het vinden van water om te splitsen, zodat je kunt blijven ademen. Het is niet zo dat er rivieren stromen en een zee is er ook niet. Het water bevindt zich onder de grond en is bevroren. Dat moet je loshakken en verzamelen. Als je het verwarmt, kun je het drinken. Met elektriciteit splits je water in zuurstof en waterstof. Deze twee gassen worden apart opgevangen: waterstof kan gebruikt worden als brandstof en zuurstof om te ademen.

Als je buiten bent, moet je je ruimtepak altijd aan. Het beschermt je tegen schadelijke straling uit de ruimte en van de zon. Op aarde ontstaat in de atmosfeer uit zuurstof het gas ozon. Dat zorgt ervoor dat diezelfde straling niet door de dampkring heen kan dringen. Maar op Mars is dat een constante dreiging.

Mars Utopia Planitia Station

Veel tijd om bij te komen van de reis is er niet. Er moet gebouwd worden, en snel. Je wilt graag een ander onderkomen dan dat kleine ruimteschip, waarin je al maanden zat opgesloten met de anderen. De *Life on Mars*-materialenmissie van het jaar 2035 heeft bouwpakketten en gereedschap bij de landingsplek gedropt. Hiermee gaan jullie het *Mars Utopia Planitia Station* bouwen.

Het is koud op Mars. Omdat de planeet verder van de zon staat dan aarde, komt er de helft minder zonlicht. Omdat de atmosfeer van Mars zo dun is, wordt deze warmte ’s nachts ook niet vastgehouden. De temperatuur komt in het volle zonlicht net boven 0 °C. In de nacht vriest het en is het −80 tot −90 °C.



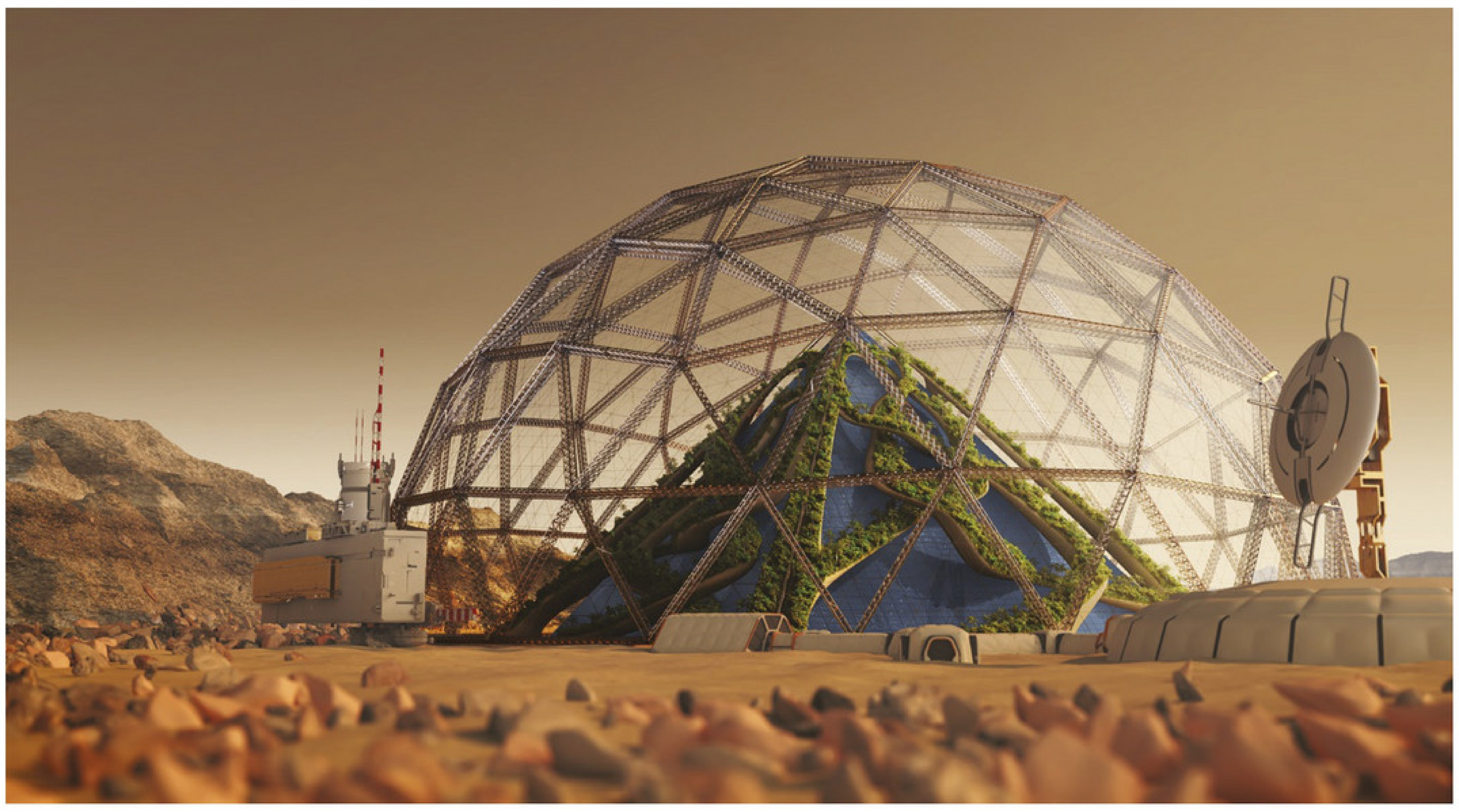
figuur 1 Je komt steeds dichter bij Mars en ziet hoe dun de atmosfeer van de planeet is.



figuur 2 Wandeling op Mars in ruimtepak.

Gelukkig komt er genoeg zon voor de werking van de zonnepanelen die voor de energievoorziening gaan zorgen.

De omstandigheden op Mars zijn niet bepaald mensvriendelijk. Ze maken ook het leven van planten onmogelijk, dus bij het nieuwe onderkomen bouwen jullie een grote broeikas, waarin de meegebrachte zaden kunnen kiemen en voedselgewassen kunnen groeien (figuur 3). Wat zullen jullie smullen na de eerste oogst!



figuur 3 Ontwerp voor een kas voor voedselgewassen op Mars.

Wanneer kun jij naar Mars?

Dit verhaal lijkt sciencefiction, maar dat is het niet helemaal. NASA, ESA, de Chinese overheid en Elon Musk werken al enige tijd aan de voorbereiding van bemande reizen naar Mars. Er worden data genoemd waarop de eerste astronauten naar de rode planeet kunnen vertrekken, maar de plannen worden ook regelmatig uitgesteld. Een reis naar Mars is op alle gebieden ingewikkeld en duur. Het is de vraag wanneer de eerste missie, nu gepland voor 2037, weer wordt uitgesteld.

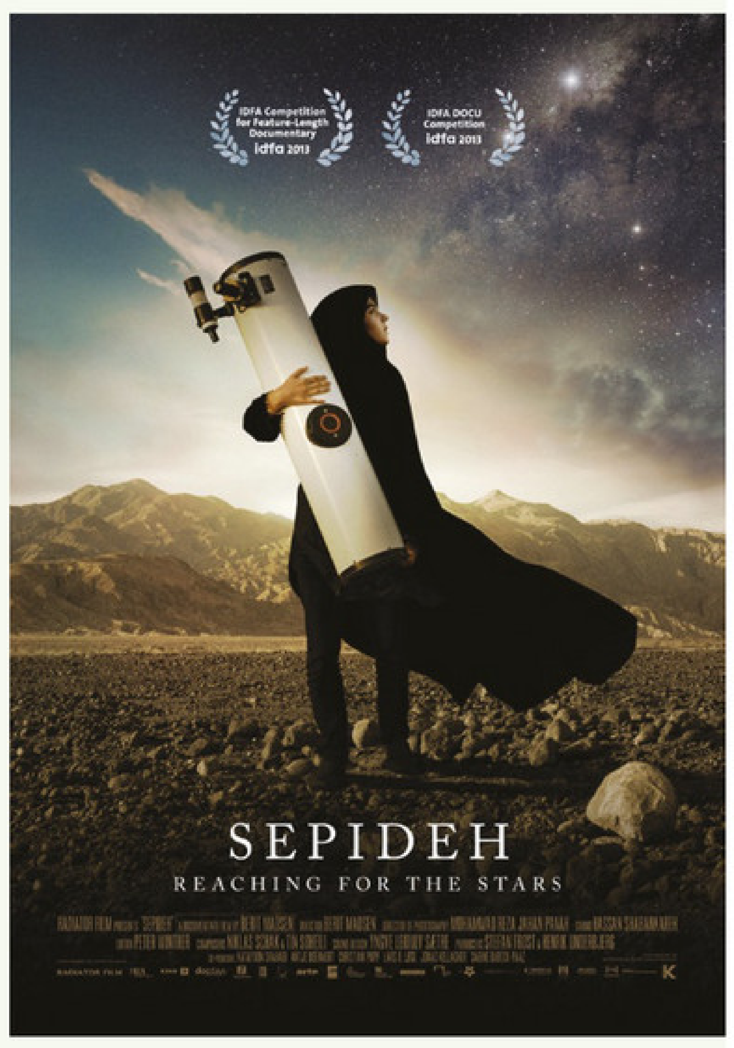
Sciencefiction speelt bij de ontwikkeling van de plannen voor ruimtereizen een grotere rol dan je misschien denkt. Sciencefiction is een grote bron van inspiratie en ideeën voor de wetenschappers en ingenieurs die werken aan de ruimtevaartuigen van de toekomst (figuur 4).



figuur 4 In 1865 en 1870 schreef Jules Verne twee sciencefictionverhalen over reizen naar de maan. Ze verschenen in Nederland in één boek. Honderd jaar later was het werkelijkheid.

ASTRONOMIE VOOR IEDEREEN

Het maakt niet zoveel uit waar je woont: er zijn jongeren over de hele wereld die dromen van een toekomst als astronaut. Neem Sepideh Hooshyar, dochter van een arme weduwe in Iran (figuur 5). Thuis bekeek ze filmpjes van Anousheh Ansari, de eerste vrouwelijke ruimtetoerist die in 2006 werd gelanceerd naar het internationale ruimtestation ISS. Sepideh had het geluk dat ze zich kon aansluiten bij een club jongeren die 's nachts de hemel bestudeerde. Ze kreeg hier les over astronomie van een gedreven man uit het dorp. Van het een kwam het ander en ondanks het gebrek aan geld gaven mensen haar de kans te studeren. Sepideh werd uiteindelijk geen astronaut, maar wel astronoom. Over haar leven is een prachtige film gemaakt: Sepideh, reaching for the stars (2013).



figuur 5 *Reaching for the stars.*

Nederland heeft ook sterrenkundeverenigingen. De Jongerenwerkgroep voor Sterrenkunde is dé sterrenkundevereniging voor jongeren tot 21 jaar. De afdelingen verspreid over Nederland organiseren verschillende activiteiten en kampen. Je kunt hier planeten en sterren bestuderen.

Naar: www.sterrenkunde.nl/jwg

OPDRACHTEN

1 De atmosfeer van Mars is anders dan die van de aarde.

a Welke bewering is juist?
- ○ A De dampkring van Mars bevat minder deeltjes dan die van de aarde.
- ○ B De dampkring van Mars bevat evenveel deeltjes als die van de aarde.
- ○ C De dampkring van Mars bevat meer deeltjes dan die van de aarde.

b Welke bewering is juist?
- ○ A De dampkring van Mars bevat relatief minder koolstofdioxide dan die van de aarde.
- ○ B De dampkring van Mars bevat relatief evenveel koolstofdioxide als die van de aarde.
- ○ C De dampkring van Mars bevat relatief meer koolstofdioxide dan die van de aarde.

c Leg uit waarom je een ruimtepak moet dragen tijdens een wandeling op Mars.

2 Dit verhaal gaat over een ruimtemissie naar Mars in het jaar 2037.

a Wat is de eerst mogelijke datum waarop de astronauten die op 1 juli 2037 van de aarde naar Mars vertrekken, kunnen terugkeren op aarde?

b Er zijn in 2037 ineens onverwachte technische problemen. Het duurt een halfjaar om die op te lossen.
Wanneer kan de eerste bemande reis naar Mars dan plaatsvinden?

c In juli 2037 staan de aarde en Mars relatief dicht bij elkaar. In juli 2038 is de afstand tussen de twee planeten groter, omdat de aarde in 1 jaar rond de zon draait en Mars in 1,88 jaar (ongeveer 22 maanden).
Maak twee schetsen van de positie van de zon, de aarde en Mars: in juli 2037 en in juli 2038.

d Waarom moet je tijdens de reis naar Mars veel sporten?

3 Zou jij willen leven op Mars? Schrijf op waarom wel of niet.

Leerstofoverzicht

7.1 STERREN, ZON EN MAAN

ONTHOUD

- Groepjes sterren vormen aan de hemel herkenbare figuren: de sterrenbeelden.
- Vanuit de aarde gezien bewegen de sterren langs de hemel. Ze komen op in het oosten, bewegen omhoog in een grote boog naar het zuiden en dalen dan tot ze in het westen ondergaan. De sterren bewegen rond de noordelijke hemelpool.
- Astronomen hebben lang gedacht dat de aarde stilstond en dat de sterren bewogen. Maar dat klopt niet. De sterren staan stil en de aarde draait rond haar aardas. Dat is een denkbeeldige lijn door de aarde die naar de Poolster wijst.
- De aardas staat schuin ten opzichte van het vlak waarin de aarde rond de zon draait. Hierdoor krijgt de ene helft van het jaar het noordelijk halfrond meer zon. Het is dan zomer en de dagen zijn langer. De andere helft van het jaar krijgt het noordelijk halfrond juist minder zon. Het is dan winter en de dagen zijn korter.
- De maan draait in een baan rond de aarde. De maan geeft zelf geen licht. Je ziet de maan omdat deze het zonlicht terugkaatst.
- Afhankelijk van waar de maan staat ten opzichte van de aarde, zie je meer of minder van de verlichte kant. Zo ontstaan de schijngestalten van de maan: nieuwe maan, eerste kwartier, volle maan en laatste kwartier.

BEGRIPPEN

aardas
Denkbeeldige lijn door de aarde die naar de Poolster wijst. De aarde draait om de aardas.

astronoom
Onderzoeker die zich bezighoudt met sterrenkunde.

fase
Ander woord voor schijngestalte.

nieuwe maan
Zo ziet de maan eruit als de donkere kant naar de aarde toegekeerd is; de maan is dan onzichtbaar.

noordelijke hemelpool
Punt aan de hemel waar alle sterren in cirkels omheen draaien.

schijngestalte
Schijnbaar uiterlijk van de maan, doordat je alleen het deel kunt zien dat door de zon verlicht wordt (en het niet-verlichte deel onzichtbaar blijft).

sterrenbeeld
Groepje sterren dat een herkenbare figuur vormt, met een eigen naam; bekende voorbeelden zijn Orion en de Grote Beer.

volle maan
Zo ziet de maan eruit als je tegen het door de zon verlichte deel aankijkt: een grote ronde schijf.

7.2 HET ZONNESTELSEL

ONTHOUD

- Planeten kun je herkennen doordat ze bewegen ten opzichte van de sterren. Als je door een telescoop kijkt blijft een ster een punt, maar een planeet wordt dan een schijf met een eigen, kenmerkend uiterlijk.
- Planeten bewegen in een ellips rond de zon. De tijd die een planeet nodig heeft om één keer rond de zon te draaien is de omlooptijd.
- In volgorde van hun afstand tot de zon heten de planeten Mercurius, Venus, aarde, Mars, Jupiter, Saturnus, Uranus en Neptunus. De eerste vier zijn de aardse planeten, de laatste vier zijn de reuzenplaneten.
- De aardse planeten hebben een hard, rotsachtig oppervlak. De reuzenplaneten zijn veel groter dan de aardse planeten en bestaan voor een groot deel uit gassen.
- De astronomische eenheid (AE) is de gemiddelde afstand tussen de aarde en de zon. Dit is een handige eenheid om afstanden in het zonnestelsel met elkaar te vergelijken. 1 AE = 150 000 000 km.

BEGRIPPEN

aardse planeet
Planeet die op de aarde lijkt, met een hard, rotsachtig oppervlak, waarop planeetverkenners kunnen landen.

astronomische eenheid
De gemiddelde afstand tussen de aarde en de zon. Een handige eenheid om afstanden in het heelal in uit te drukken.

ellips
Een soort afgeplatte cirkel.

omlooptijd
Tijd die een planeet nodig heeft om één keer rond de zon te draaien.

planeet
Bolvormig hemellichaam dat in een ellips rond de zon (of een andere ster) beweegt.

reuzenplaneet
Planeet die veel groter is dan de aarde en voor een groot deel uit gassen bestaat; een reuzenplaneet heeft geen stevig oppervlak waarop je zou kunnen landen.

7.3 DE ATMOSFEER VAN EEN PLANEET

ONTHOUD

- Het heelal is voor het grootste deel een vacuüm: een lege ruimte zonder deeltjes.
- Satellieten kunnen jarenlang rond de aarde blijven draaien, omdat er geen deeltjes zijn die de beweging afremmen.
- De atmosferen van de aarde, Venus en Mars bestaan uit verschillende mengsels van gassen. In de aardse atmosfeer komt stikstof het meest voor, gevolgd door zuurstof. De atmosferen van Venus en Mars bestaan vooral uit koolstofdioxide.
- Zuurstof is onmisbaar voor mensen (en dieren) op aarde, omdat we zonder niet kunnen ademen. Planten hebben koolstofdioxide nodig om te groeien.
- Luchtdruk ontstaat door het gewicht van de lucht boven je. Op andere planeten, zonder lucht maar met andere gassen, spreek je van atmosferische druk.
- Meestal is de luchtdruk van binnen (de tegendruk) even groot als de druk van buiten, en merk je er daardoor niks van.
- De luchtdruk meet je met een barometer. Weerkundigen gebruiken de eenheid hectopascal (hPa).
- De luchtdruk neemt af met de hoogte. Dat komt doordat de hoeveelheid lucht boven je steeds kleiner wordt.

BEGRIPPEN

atmosfeer
Mengsel van gassen dat de buitenste laag van een planeet vormt.

atmosferische druk
Druk die ontstaat door het gewicht van de gassen in de atmosfeer van een planeet.

barometer
Instrument waarmee je de atmosferische druk meet.

luchtdruk
Atmosferische druk op aarde.

tegendruk
Druk van de gassen in een hol voorwerp, die tegen de atmosferische druk in werkt.

vacuüm
Ruimte waarin geen deeltjes aanwezig zijn en die dus letterlijk helemaal leeg is.

7.4 DE BOUW VAN HET HEELAL

ONTHOUD

- Met een sterrenkaart kun je vinden waar aan de hemel sterren, planeten en sterrenbeelden staan op een bepaald tijdstip.
- Een ster is een enorme bol gloeiend hete gassen die veel warmte en straling uitzendt. De zon is de ster die het dichtst bij ons staat.
- Hoe hoger de temperatuur van een ster, des te meer warmte en straling zendt hij uit. De kleur van een ster geeft de temperatuur van die ster aan. Van koel tot zeer heet hebben sterren de kleuren: rood, oranje, geel, groen of blauw.
- Met een goede telescoop kun je de vele sterrenstelsels aan de hemel ontdekken. Van ons eigen sterrenstelsel zie je de losse sterren die dicht bij de zon staan en de Melkweg zelf als een band van licht.
- In het heelal zijn miljarden sterrenstelsel zichtbaar. De verst gelegen sterrenstelsels liggen op een enorme afstand van de aarde.

BEGRIPPEN

Melkweg
Sterrenstelsel waar de zon en de aarde deel van uitmaken. Ook de band van licht die langs de nachtelijke hemel te zien is; de Melkweg bestaat uit talloze sterren die met het blote oog niet te onderscheiden zijn.

ster
Bolvormige, gloeiende gasbol met een heel hoge temperatuur die warmte en straling uitzendt.

sterrenkaart
Kaart waarop de sterrenhemel wordt weergegeven zoals die op een wolkeloze nacht te zien is.

sterrenstelsel
Verzameling van enkele honderden miljarden bij elkaar horende sterren, vaak met opvallende, spiraalvormige armen.

Ga naar de *Flitskaarten* en de *Diagnostische toets*.

8 Geluid

GELUID OM JE HEEN
Een wereld zonder geluiden is moeilijk voor te stellen. Hoe zou de wereld zijn zonder muziek, zonder leuke gesprekken, zonder het geluid van de wind en de zee? Maar ook zonder de herrie van langsrazende auto's, opstijgende vliegtuigen en irritante buren?

INTRODUCTIE

THEORIE





1 Geluid maken en horen

LEERDOELEN

8.1.1 Je kunt een aantal voorbeelden noemen van geluidsbronnen.
8.1.2 Je kunt uitleggen hoe het geluid van een luidspreker zich verspreidt tot je oren het geluid horen.
8.1.3 Je kunt uitleggen wat een tussenstof is.
8.1.4 Je kunt de geluidssnelheid in lucht noemen.
8.1.5 Je kunt berekeningen maken met de geluidssnelheid in lucht.
EXTRA 8.1.6 Je kunt uitleggen hoe je stembanden werken als je spreekt.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN					
	8.1.1	8.1.2	8.1.3	8.1.4	8.1.5	8.1.6
Onthouden	2abc	1abc, 3ab		1d		
Begrijpen	4abcd		6		10a	11abcd
Toepassen		9ab	5		7	
Analyseren					8, 10b	12ab

In de natuur kom je allerlei geluiden tegen. Denk maar aan het rommelen van de donder, het ruisen van de zee en het zingen van vogels. Ook mensen veroorzaken geluid. Ze praten, zingen, schreeuwen, maken muziek, rijden in auto's, steken vuurwerk af enzovoort.

GELUIDSBRONNEN

PROEF 1

Een voorwerp dat geluid maakt, noem je een **geluidsbron**. Veel geluidsbronnen zijn door mensen gemaakt, bijvoorbeeld muziekinstrumenten, machines, motoren en luidsprekers (figuur 1).



figuur 1 Bij deze geluidsboxen zijn twee luidsprekers ingebouwd.

Geluid ontstaat doordat er iets in de geluidsbron heen en weer beweegt. Dat noem je een **trilling**:

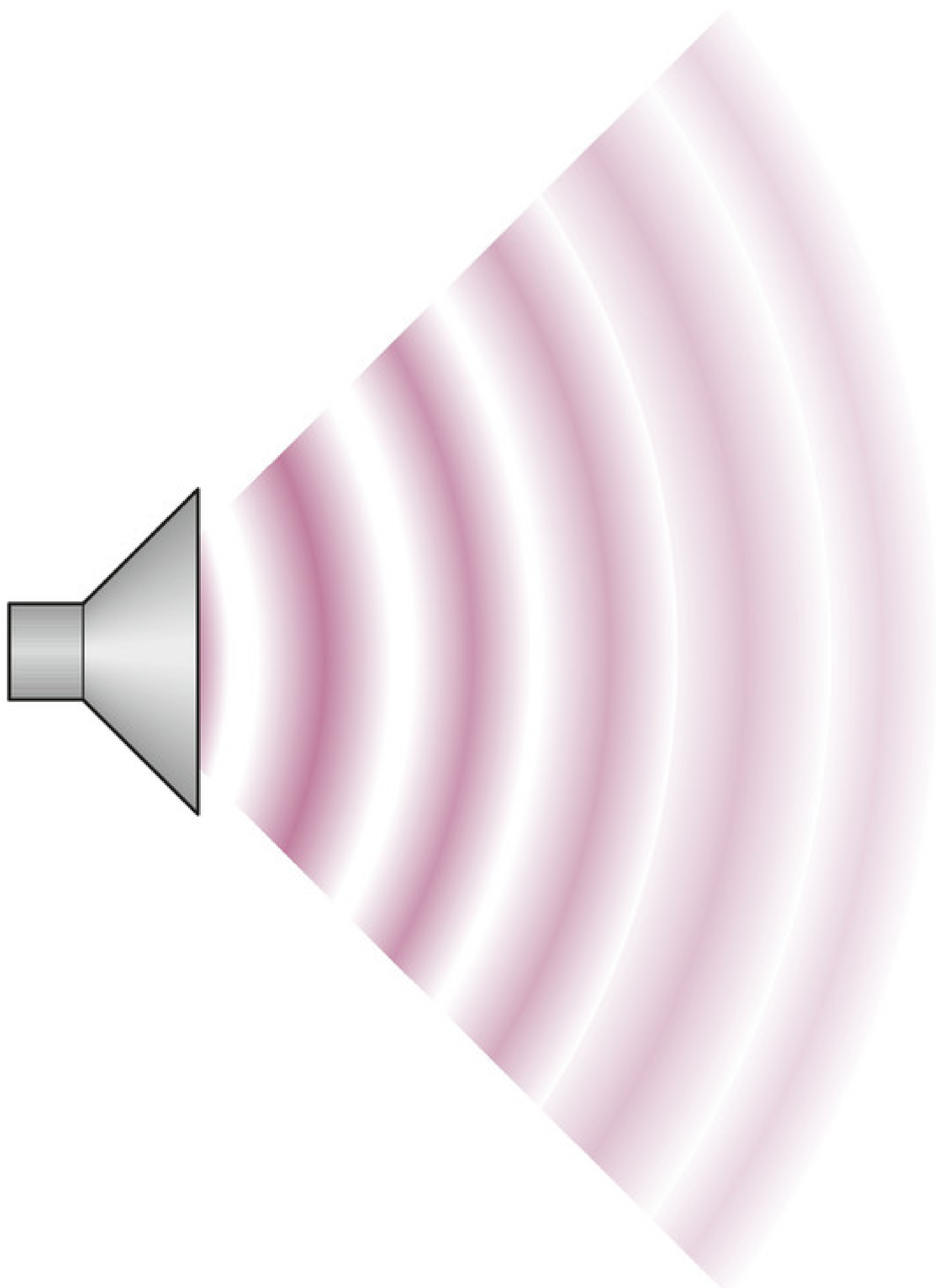
- Bij je stem zijn het de stembanden die trillen.
- Bij een luidspreker is het de conus die trilt.
- Bij een gitaar zijn het de snaren die trillen.

Die trilling hoor je als geluid doordat de trilling zich vanaf de geluidsbron naar je oren verplaatst. Die verplaatsing kun je vergelijken met de rimpeling in het water als je er een steentje in gooit. De plons is daarbij te vergelijken met de geluidsbron. De rimpeling in het water is het geluid dat zich verplaatst.

VAN DE GELUIDSBRON NAAR JE OREN

PROEF 2+3

In figuur 2 is getekend hoe het geluid van een luidspreker zich verspreidt. De conus van de luidspreker beweegt snel heen en weer. Als de conus naar buiten gaat, wordt de lucht rond de conus iets samengeperst, waardoor de luchtdruk stijgt. Als de conus naar binnen gaat, wordt de lucht iets 'verdund', waardoor de luchtdruk daalt. Deze drukveranderingen bewegen in alle richtingen bij de luidspreker vandaan.



figuur 2 Luchtdrukveranderingen bij een luidspreker.

Je kunt een geluid alleen horen als er een **tussenstof** is: een stof waardoor de trillingen zich kunnen verplaatsen van de geluidsbron naar je oren. De meeste geluiden bereiken je oren via de lucht. Maar geluid kan zich ook verplaatsen door een vloeistof of een vaste stof (zoals metaal). Het geluid van je stem hoor je bijvoorbeeld niet alleen 'buitenom' (via de lucht), maar ook 'binnendoor' (via de botten van je schedel).

Geluid heeft tijd nodig om zich door een stof te verplaatsen. Je merkt dit bijvoorbeeld bij blikseminslagen. Terwijl het licht al bij je is (licht gaat heel snel), heeft het geluid nog even de tijd nodig om bij je te komen. Hierdoor hoor je de donder pas als je de bliksem al gezien hebt. Hoe snel het geluid zich verplaatst, verschilt van stof tot stof. De **geluidssnelheid** in lucht is ongeveer 340 meter per seconde (= 1224 km/h).

VOORBEELDOPDRACHT 1

Frank is op vakantie in Zwitserland. Tijdens een bergwandeling roept hij naar zijn broer. Na vijf seconden hoort hij een echo.
Bereken hoe ver de rotswand die het geluid heeft teruggekaatst, van hem verwijderd is.

gegevens snelheid = 340 m/s
tijd = 5 s

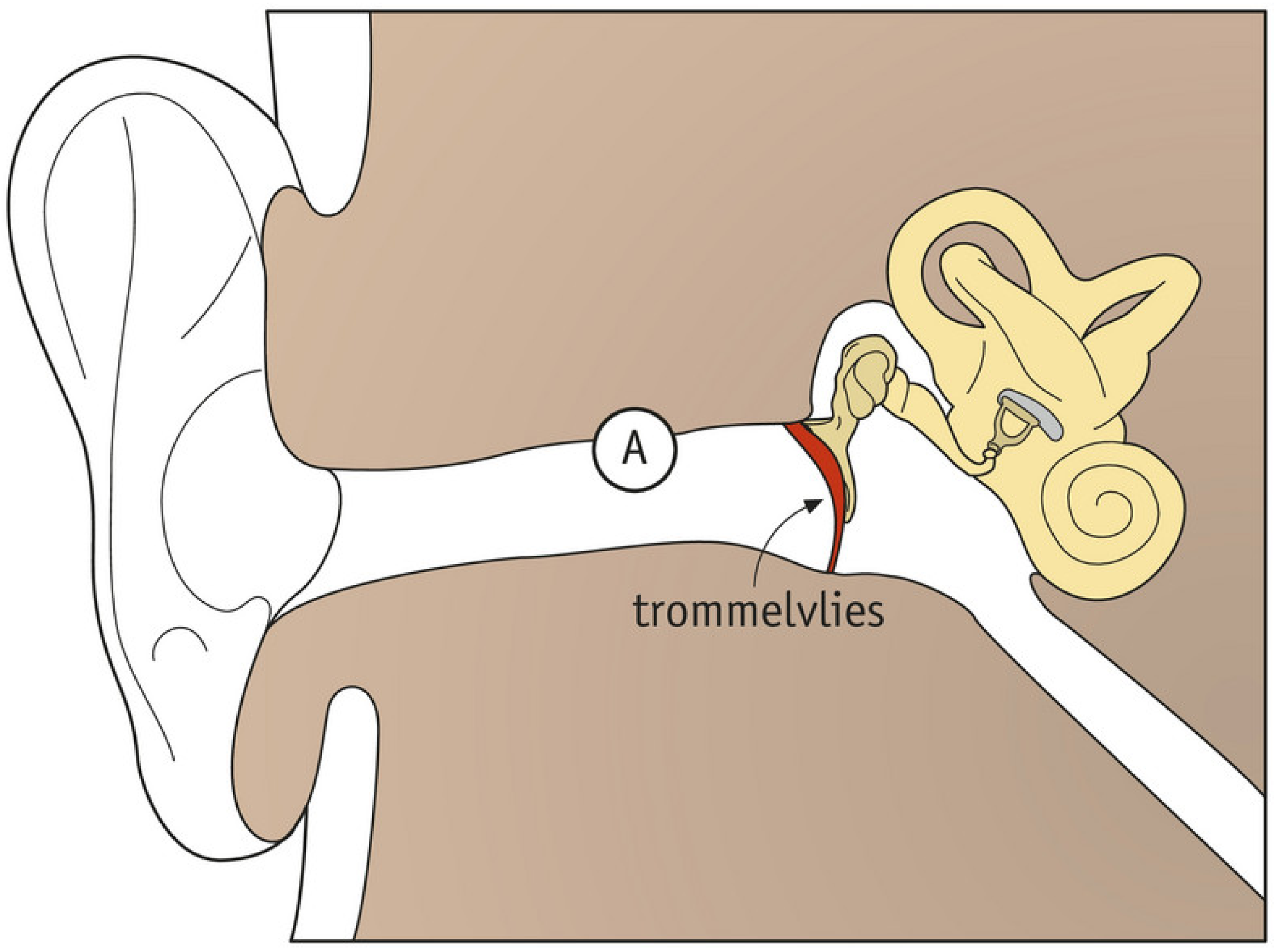
gevraagd afstand

uitwerking afstand = snelheid × tijd
= 340 × 5 = 1700 m
1700 m is de afstand naar de rotswand en terug.
Dus de afstand naar de rotswand is $\frac{1700}{2}$ = 850 m

GELUID HOREN

In figuur 3 is het inwendige van een oor getekend. Als geluidstrillingen het oor bereiken, gaat het trommelvlies ook trillen:

- Het trommelvlies beweegt naar buiten als de luchtdruk bij A lager wordt.
- Het trommelvlies beweegt naar binnen als de luchtdruk bij A hoger wordt.



figuur 3 Het inwendige van je oor.

Op die manier trilt het trommelvlies mee met de veranderingen in de luchtdruk. Zintuigcellen nemen deze beweging waar en geven dit door aan de hersenen.

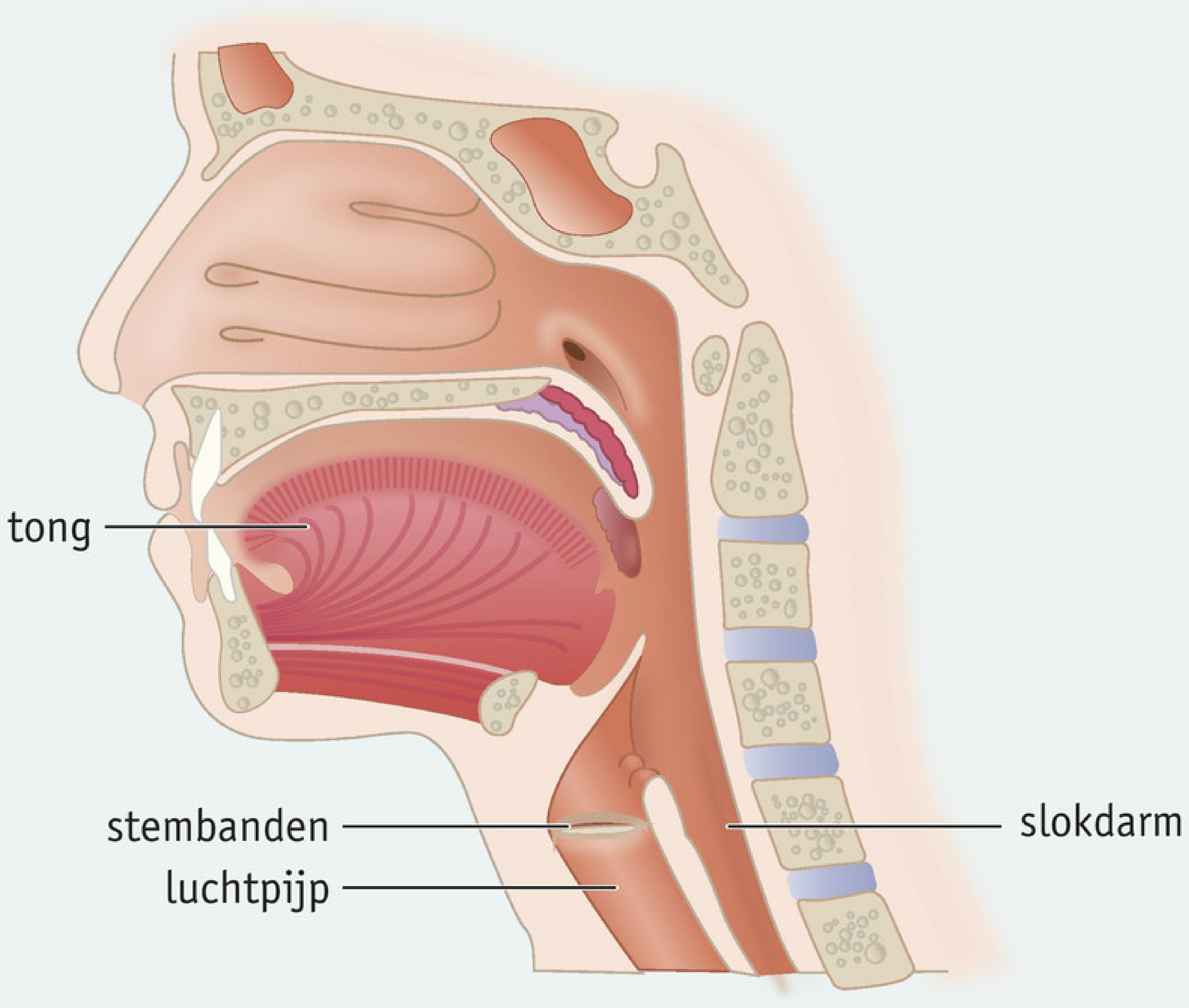
Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

EXTRA DE MENSELIJKE STEM

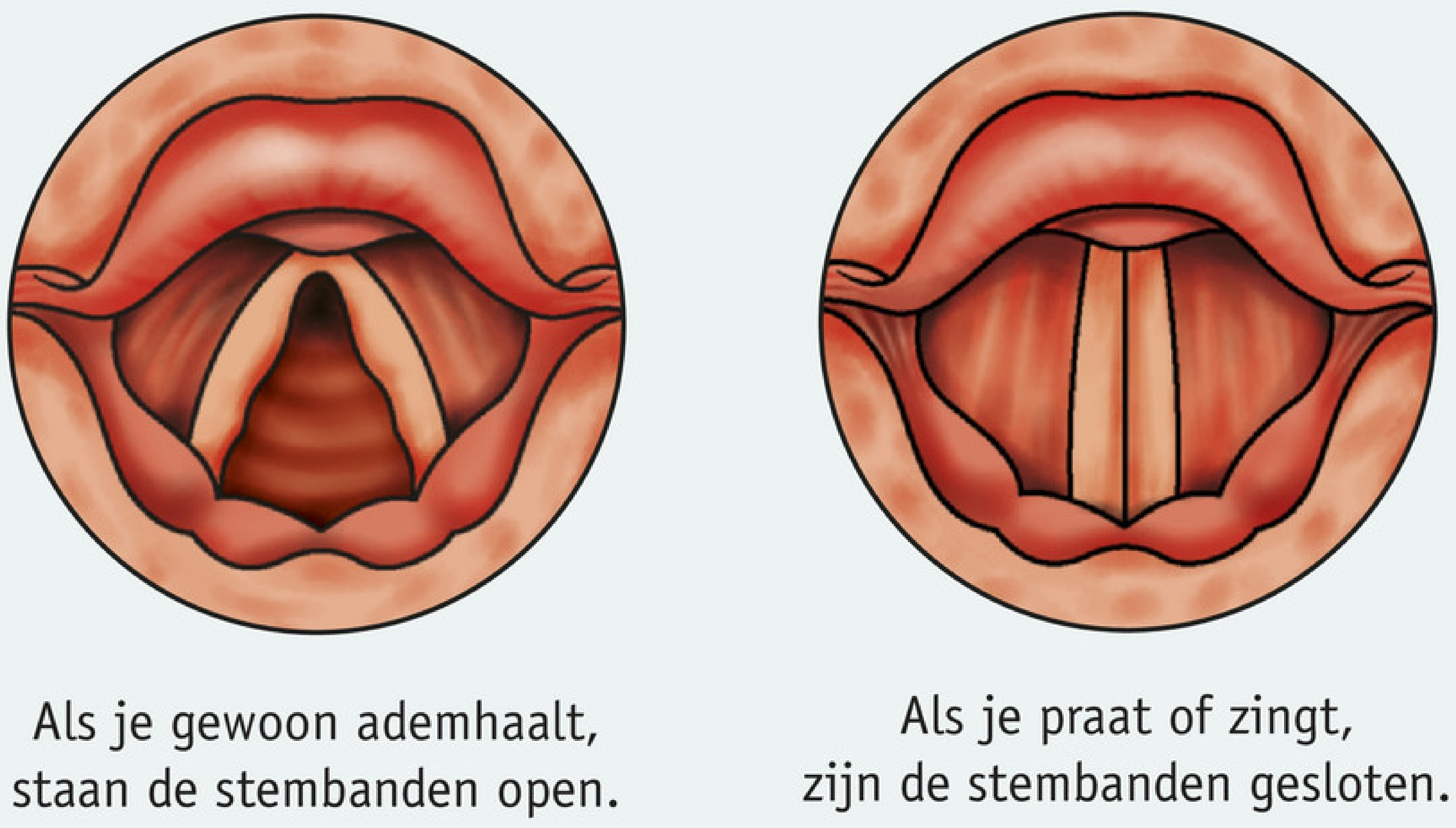
PROEF 4

Het 'spraakorgaan' bestaat uit de stembanden, de mond-, keel- en neusholte, en de tong en lippen (figuur 4). Als je spreekt, sluiten je stembanden. Je longen persen dan lucht door de stemspleet: een smalle opening tussen je stembanden (figuur 5). Hierdoor beginnen je stembanden te trillen, zoals je kunt voelen als je een vinger op je keel legt.

figuur 4 Je spraakorgaan.



figuur 5 Zo werken je stembanden.



Met spiertjes kun je de spanning van je stembanden veranderen. Zo kun je de toonhoogte van je stem regelen. Door de vorm van je mondholte te veranderen kun je het geluid van je stembanden vervormen. Maak bijvoorbeeld eerst een lange a-klank (‘aa’) en dan een lange o-klank (‘oo’). Je voelt de vorm van je mondholte dan veranderen.

Je kunt trouwens ook klanken maken zonder je stembanden te gebruiken. Dat doe je bijvoorbeeld als je een ‘s’ of een ‘p’ maakt. Voor een ‘p’ sluit je de luchtstroom af met je lippen, zodat er zich achter de lippen druk opbouwt. Die druk laat je daarna los door je lippen te ontspannen. Het resultaat is een ‘explosie’ van naar buiten stromende lucht.

LEERSTOF

1 Vul in.

a Geluid ontstaat door de .... van een geluidsbron.

b Als de .... van een luidspreker snel heen en weer beweegt, ontstaan er drukveranderingen ofwel .... in de omringende lucht.

c Behalve door lucht kan geluid zich ook verplaatsen door een .... en een ....

d De geluidssnelheid in lucht is ongeveer .... m/s.

2 Wat trilt er heen en weer:

a in een luidspreker waar muziek uitkomt?
b aan een gitaar waarop gespeeld wordt?
c in je keel als je aan het zingen bent?

3 Welk deel van een oor:

a trilt mee met de drukveranderingen in de lucht?
b neemt deze trillingen waar en geeft dit door aan de hersenen?

TOEPASSING

4 Bekijk de foto's van de muzikanten in figuur 6.
Vul de juiste woorden in. Kies uit: *hamertjes* – *handen* – *snaren* (3×) – *strijkstok* – *vel* – *vingers*.

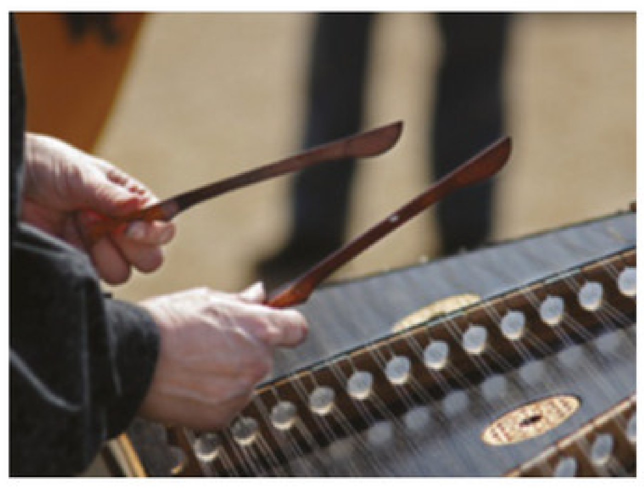
a Ferdi brengt de .... van zijn contrabas in trilling met zijn ....

b Juan brengt het .... van zijn bongo's in trilling met zijn ....

c Bridget brengt de .... van haar viool in trilling met een ....

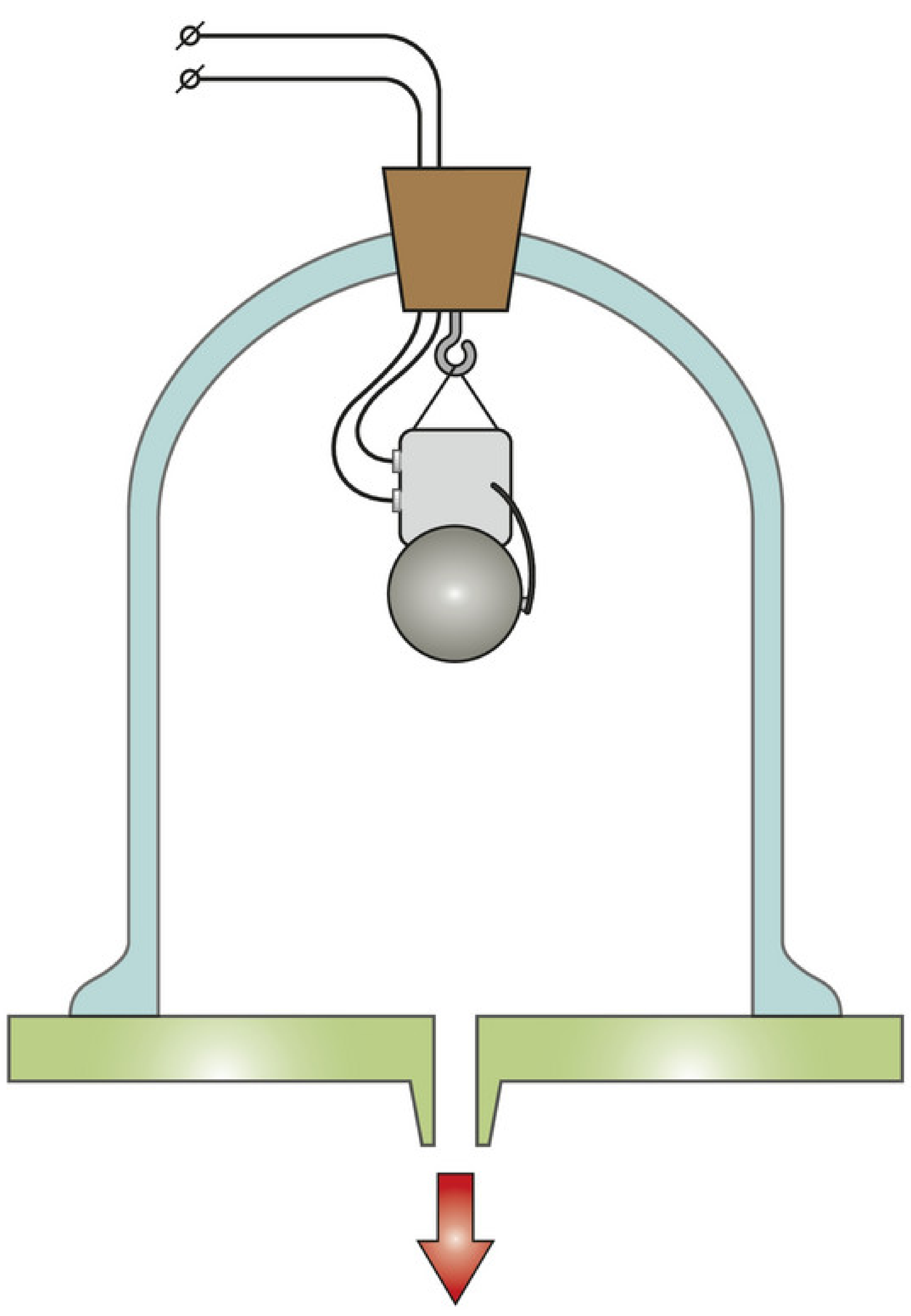
d Imre brengt de .... van zijn cimbalom in trilling met ....



figuur 6 Vier muzikanten.

5 Inez laat een bel rinkelen, terwijl ze de lucht onder de stolp wegpompt (figuur 7). Ze hoort het geluid van de bel steeds zachter worden.
Leg uit waardoor dat komt.



figuur 7 De proef van Inez.

6 Een vrouw legt haar oor op de rails om een trein al van ver te horen aankomen (figuur 8). Door welke tussenstof verplaatst het geluid zich dan?



figuur 8 Komt de trein er al aan?

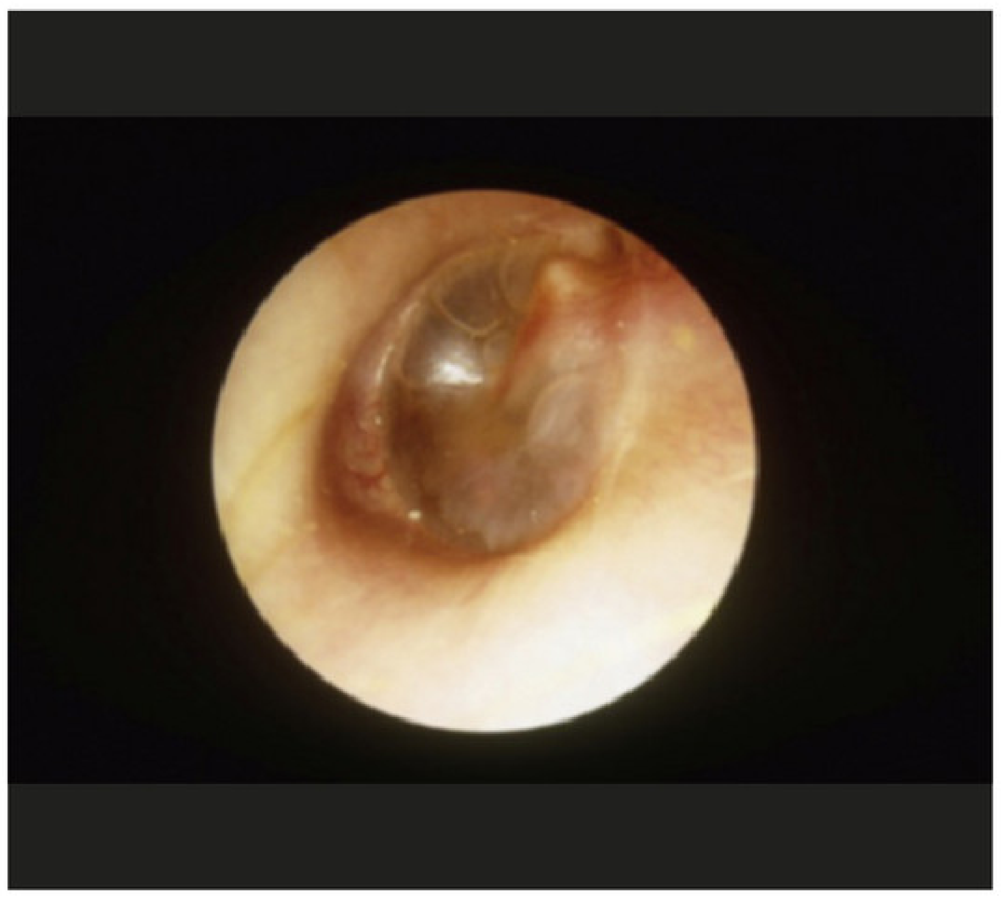
7 Het onweert in de verte. Talya ziet een bliksemflits. Acht seconden later hoort ze het geluid van de donder.
Bereken hoe ver het onweer van Talya verwijderd is. Geef je antwoord in kilometer.

★ 8 Zie de vaardigheid *Werken met formules*.
Tom maakt een wandeling in de bergen en ziet een hoge rotswand, ongeveer 200 m weg. Als hij roept, hoort hij iets later een echo.
Bereken hoelang het duurt voordat Tom zijn echo hoort.

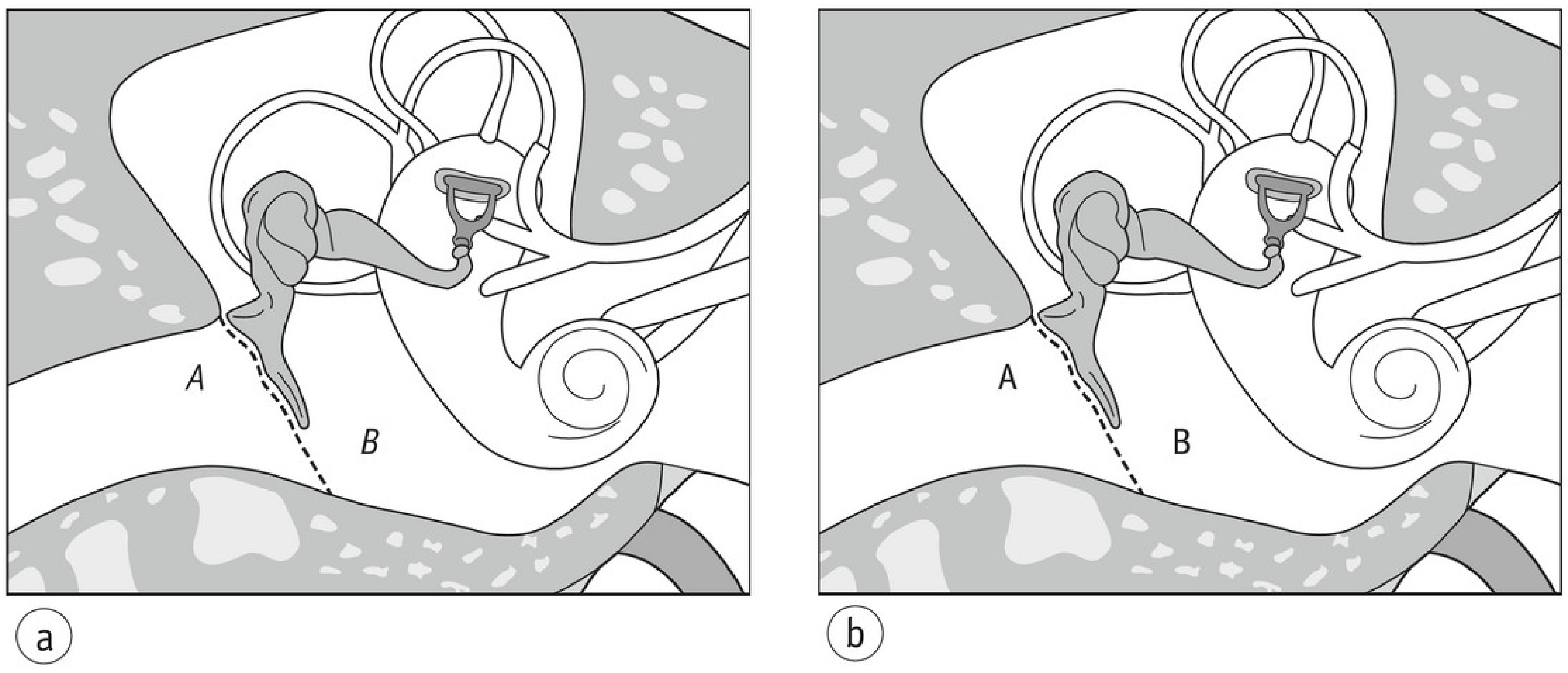
9 In figuur 9 zie je een foto van het trommelvlies. In figuur 10 is een oor in doorsnede getekend. De stippellijn geeft aan welke stand het trommelvlies inneemt als de druk bij A gelijk is aan de druk bij B.

a In tekening a is de druk bij A groter dan de druk bij B.
Teken in figuur 10a hoe het trommelvlies dan doorbuigt.

b In tekening b is de druk bij A kleiner dan de druk bij B.
Teken in figuur 10b hoe het trommelvlies dan doorbuigt.



figuur 9 Zo ziet het trommelvlies eruit.



figuur 10 Zo buigt het trommelvlies door.

★ 10

Je hebt het misschien zelf ook weleens meegemaakt: tijdens een militaire oefening hoor je een straaljager met veel lawaai overvliegen. Het toestel vliegt naar rechts. Je kijkt omhoog, maar op de plaats waar je het vliegtuig verwacht te zien, is niets.
Leg uit:

a waardoor het geluid uit een andere richting komt dan waar het vliegtuig op dat moment te zien is;

b in welke richting je moet kijken om een glimp van het toestel op te vangen.

Test je kennis met de *Test jezelf*.

EXTRA DE MENSELIJKE STEM

11

Mensen kunnen met hun spraakorgaan allerlei geluiden maken.
Geef voor elk geluid aan waar het ontstaat. Kies uit: *achter in je keelholte – in je mondholte – tussen je lippen – tussen je tong, het gehemelte en de voortanden.*

a Het geluid als je fluit.

....

b Het geluid als je kucht.

....

c Het geluid als je de klank ‘ssss’ maakt.

....

d Het geluid als je de letter ‘ee’ uitspreekt.

....

12

De ‘p’ noem je ook wel een plofklank, omdat zich in je mond druk opbouwt. Als de druk vrijkomt, ontstaat de klank.

a Bedenk nog een voorbeeld van een plofklank.

b Bij welke letters bouwt er juist geen druk op in je mond?

2 Toonhoogte en frequentie

LEERDOELEN

8.2.1 Je kunt de drie factoren noemen die van invloed zijn op de hoogte van de toon die een snaar maakt.
8.2.2 Je kunt uitleggen wat de frequentie is van een trilling.
8.2.3 Je kunt het verband uitleggen tussen de frequentie en de toonhoogte.
8.2.4 Je kunt in een oscilloscoopbeeld bepalen wat de tijd is van één trilling.
8.2.5 Je kunt het frequentiebereik benoemen van het menselijk gehoor.
EXTRA 8.2.6 Je weet dat een verdubbeling van de frequentie betekent dat de toon een octaaf hoger is.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN					
	8.2.1	8.2.2	8.2.3	8.2.4	8.2.5	8.2.6
Onthouden	2	1ab			1c	11abc
Begrijpen	3ab, 6ab		9ab, 10ab		10cd	12
Toepassen	5ab		7	8abc		13
Analyseren	4					

Als je een geluid moet omschrijven, zeg je vaak iets over de toonhoogte. Je vertelt bijvoorbeeld dat een apparaat piept (een hoge toon maakt), bromt (een lage toon maakt) of zoemt (tussen hoog en laag in). De meeste mensen kunnen een melodie – een serie tonen die omhoog- en omlaaggaan – zonder moeite nazingen.

SNAARINSTRUMENTEN

Snaren worden gebruikt in allerlei muziekinstrumenten. Een viool heeft bijvoorbeeld vier snaren, een gitaar heeft er zes en een piano heeft er meer dan tweehonderd. Als je zo'n snaar in trilling brengt, geeft hij een toon: een geluid met een bepaalde toonhoogte.

De hoogte van die toon hangt van drie dingen af:
- hoe dik de snaar is: hoe dikker de snaar, hoe lager de toon;
- hoe lang de snaar is (figuur 1): hoe langer de snaar, hoe lager de toon;
- hoe strak de snaar is gespannen: hoe lager de spanning, hoe lager de toon.

Een snaarinstrument wordt **gestemd** door de snaren de juiste spanning te geven. Voor het bepalen van de juiste toonhoogte wordt vaak een **stemvork** gebruikt.



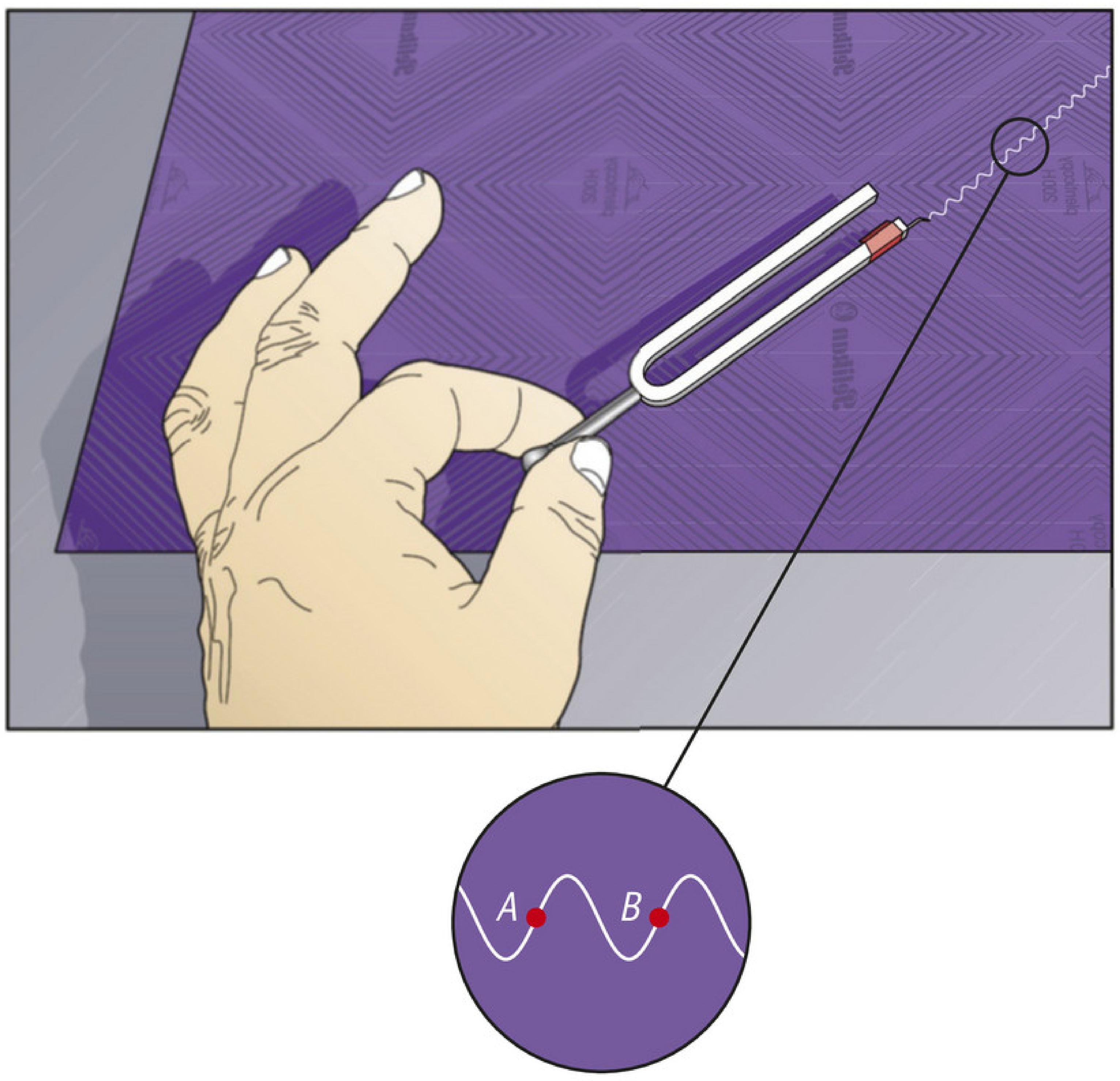
figuur 1 Korte snaren geven hoge tonen, lange snaren geven lage tonen.

FREQUENTIE

PROEF 5+6

Als je een stemvork aanslaat, beginnen de benen van de stemvork te trillen. Ze bewegen in een seconde steeds even vaak heen en weer.

Je kunt deze beweging onderzoeken met een stemvork waaraan een pen is bevestigd. Sla de stemvork aan en trek de pen over een plaat die bedekt is met roet. Je ziet dan een spoor van trillingen ontstaan (figuur 2). Tussen A en B heeft de pen precies één volledige trilling uitgevoerd.



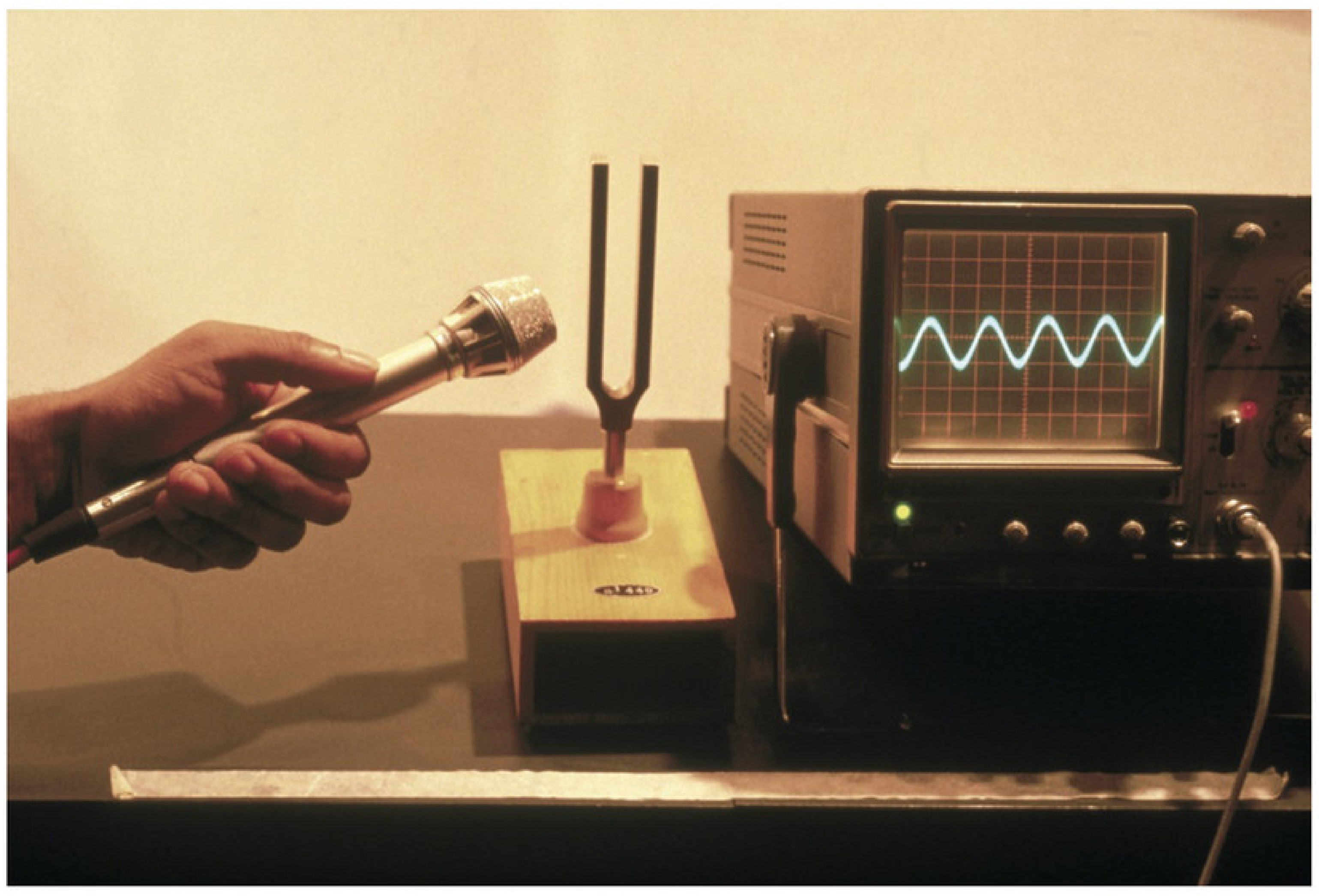
figuur 2 Zo kun je de trilling van een stemvork zichtbaar maken.

Het aantal trillingen per seconde wordt de **frequentie** van de trilling genoemd. De frequentie wordt gemeten in hertz (Hz). Als de frequentie 128 Hz is, bewegen de benen van de stemvork 128 keer per seconde heen en weer. Hoe groter de frequentie, des te hoger is de toon die je hoort. Een stemvork van 440 Hz geeft bijvoorbeeld een hogere toon dan een stemvork van 128 Hz.

Of je een toon of geluid hoog of laag vindt klinken, is natuurlijk subjectief. Maar er is wel een verband: als de frequentie toeneemt, klinkt een geluid hoger. Zo heeft een hoog klinkende piccolo (een kleine fluit) ook een heel grote frequentie met duizenden trillingen per seconde. Het geluid van een tuba daarentegen klinkt heel laag en heeft ook een heel kleine frequentie.

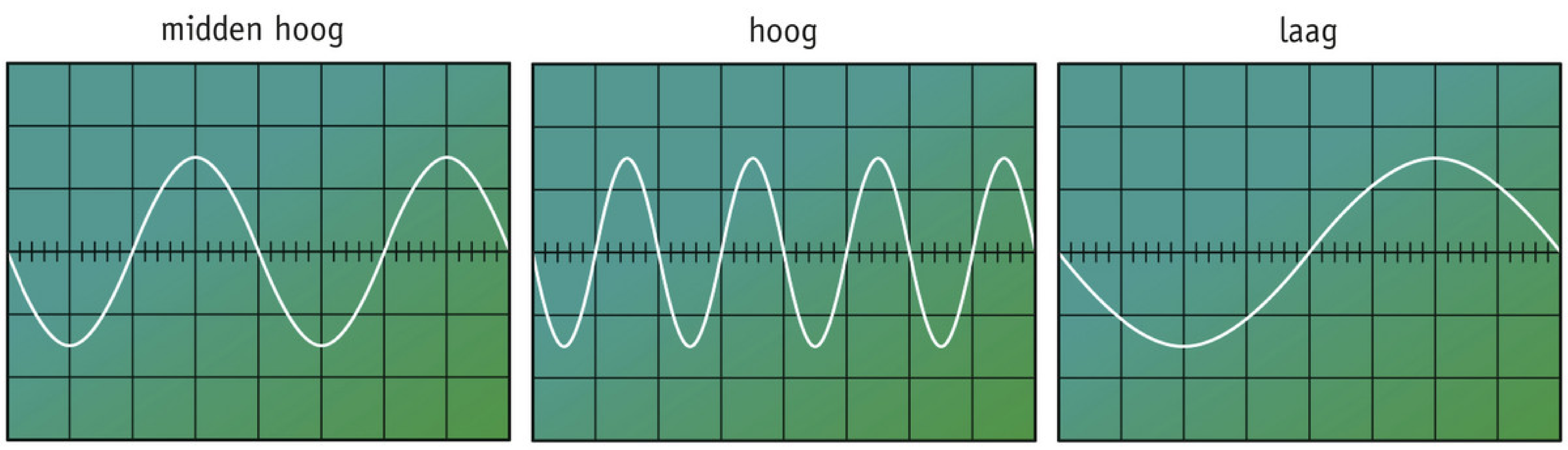
DE OSCILLOSCOOP

Met de opstelling van figuur 3 kun je geluidstrillingen onderzoeken. De **microfoon** ‘vertaalt’ de drukverschillen van het geluid in elektrische trillingen. De **oscilloscoop** geeft deze trillingen vervolgens op het scherm weer.



figuur 3 De trilling van een stemvork op een oscilloscoop.

In figuur 4 zie je hoe een oscilloscoop drie verschillende tonen afbeeldt. De oscilloscoop is zo afgesteld dat je steeds het aantal trillingen in 0,01 s te zien krijgt.



figuur 4 Drie verschillende tonen. De breedte van het scherm is steeds 0,01 s.

De toon op het middelste scherm heeft de meeste trillingen in 0,01 s. Dat betekent dat die toon ook de meeste trillingen per seconde heeft, en dus de grootste frequentie.

VOORBEELDOPDRACHT 1

Bepaal van de middelhoge toon in figuur 4 de tijd van één trilling.

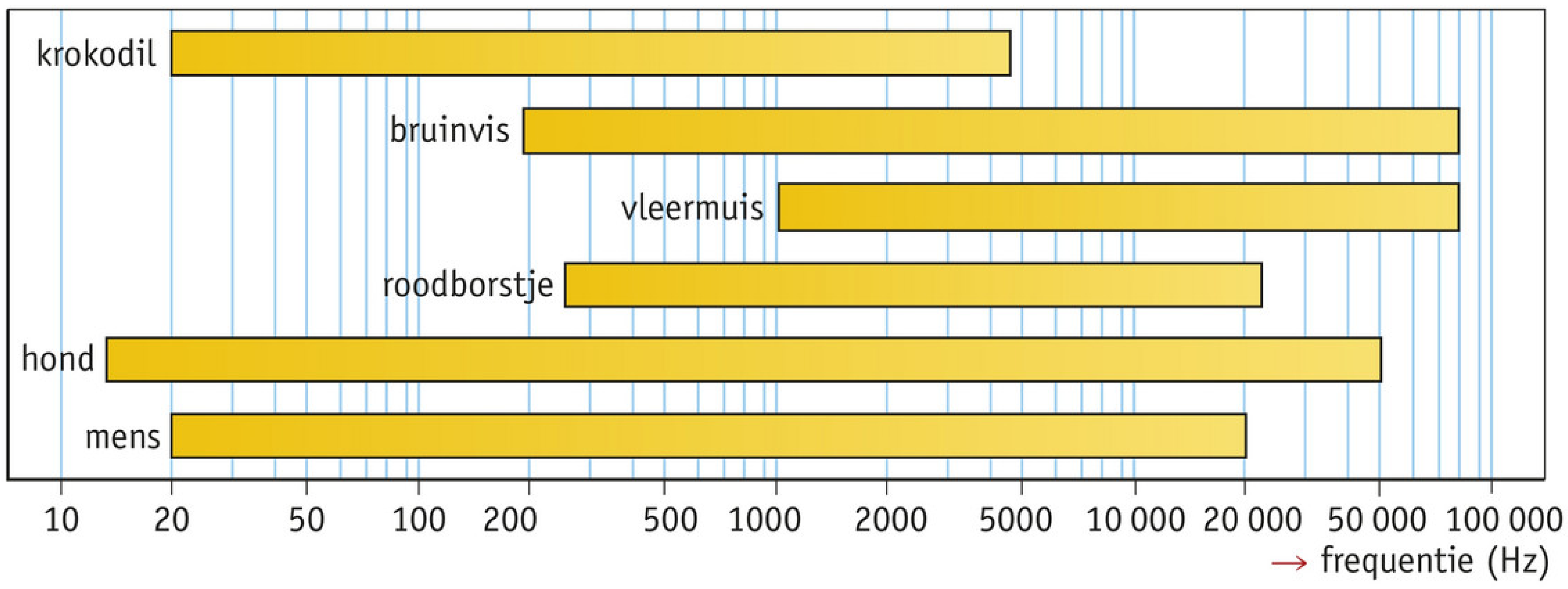
Op de oscilloscoop zijn twee trillingen te zien.
De breedte van het scherm is 0,01 s.

Eén trilling duurt dus $\frac{0{,}01}{2} = 0{,}005$ s.

HET FREQUENTIEBEREIK VAN JE GEHOOR

Geluid met een heel hoge of een heel kleine frequentie kun je niet horen. De meeste mensen van jouw leeftijd kunnen tonen tussen 20 en 20 000 Hz horen. Je zegt dat deze tonen binnen het **frequentiebereik** van je gehoor liggen (figuur 5). Dieren hebben vaak een ander frequentiebereik. Honden horen bijvoorbeeld hogere tonen dan mensen.

Als je ouder wordt, verandert het frequentiebereik van je gehoor. Vooral hoge tonen kun je dan minder goed horen.



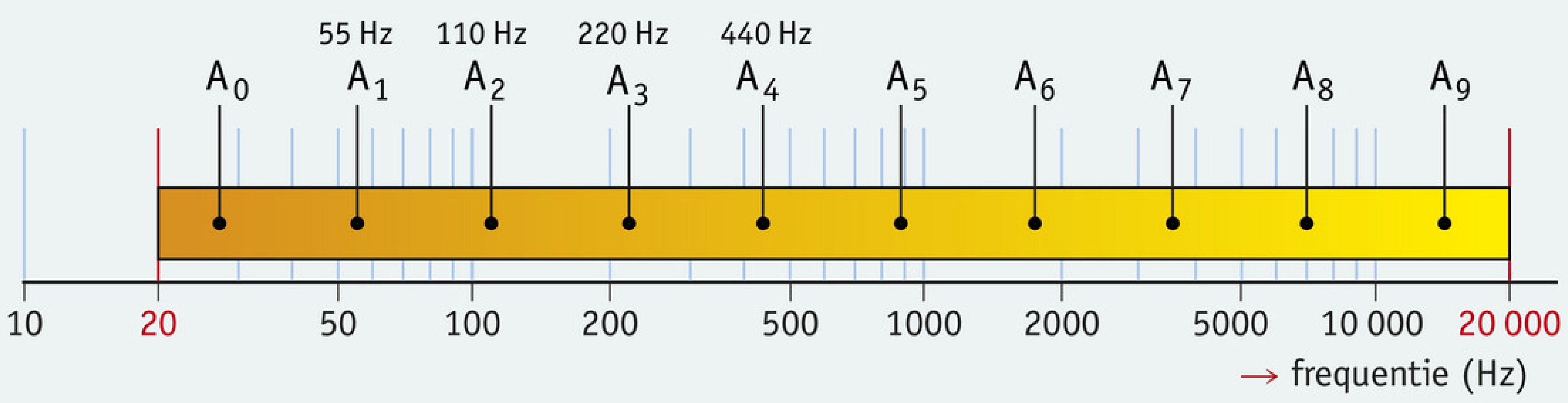
figuur 5 Het frequentiebereik van het gehoor van de mens en enkele dieren.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

EXTRA OCTAVEN

Als je de A-snaar van een gitaar aanslaat, hoor je een lage bastoon van 110 Hz. Deze toon noem je een A. Als je daarna een toon van 220 Hz speelt, hoor je weer een A. Al is deze A hoger, voor je gevoel is het toch dezelfde toon. Je zegt dat deze toon een octaaf hoger is dan de eerste. Speel je daarna een toon van 440 Hz, dan hoor je weer een A: één octaaf hoger dan de A van 220 Hz en twee octaven hoger dan de A van 110 Hz.

Voor elke toon geldt: als je de frequentie verdubbelt, krijg je dezelfde toon weer terug, maar dan één octaaf hoger. Daarom worden frequenties vaak weergegeven op een speciale schaal (figuur 6). Op deze schaal heeft een octaaf steeds dezelfde lengte. De afstand tussen 110 Hz en 220 Hz is dus even groot als de afstand tussen 220 Hz en 440 Hz, of tussen 440 Hz en 880 Hz.



figuur 6 De A-tonen die een mens kan horen.

LEERSTOF

1 Vul in.

a De frequentie van een toon is het aantal .... per ....

b De frequentie wordt gemeten in .... (.....................).

c Het frequentiebereik van jongeren loopt van .... tot .... Hz.

2 Een trillende snaar geeft een bepaalde toon.
Van welke drie dingen hangt de hoogte van de toon af?

TOEPASSING

3 Een harp heeft een groot aantal snaren (figuur 7).

a Met welke snaar kun je de hoogste toon maken?

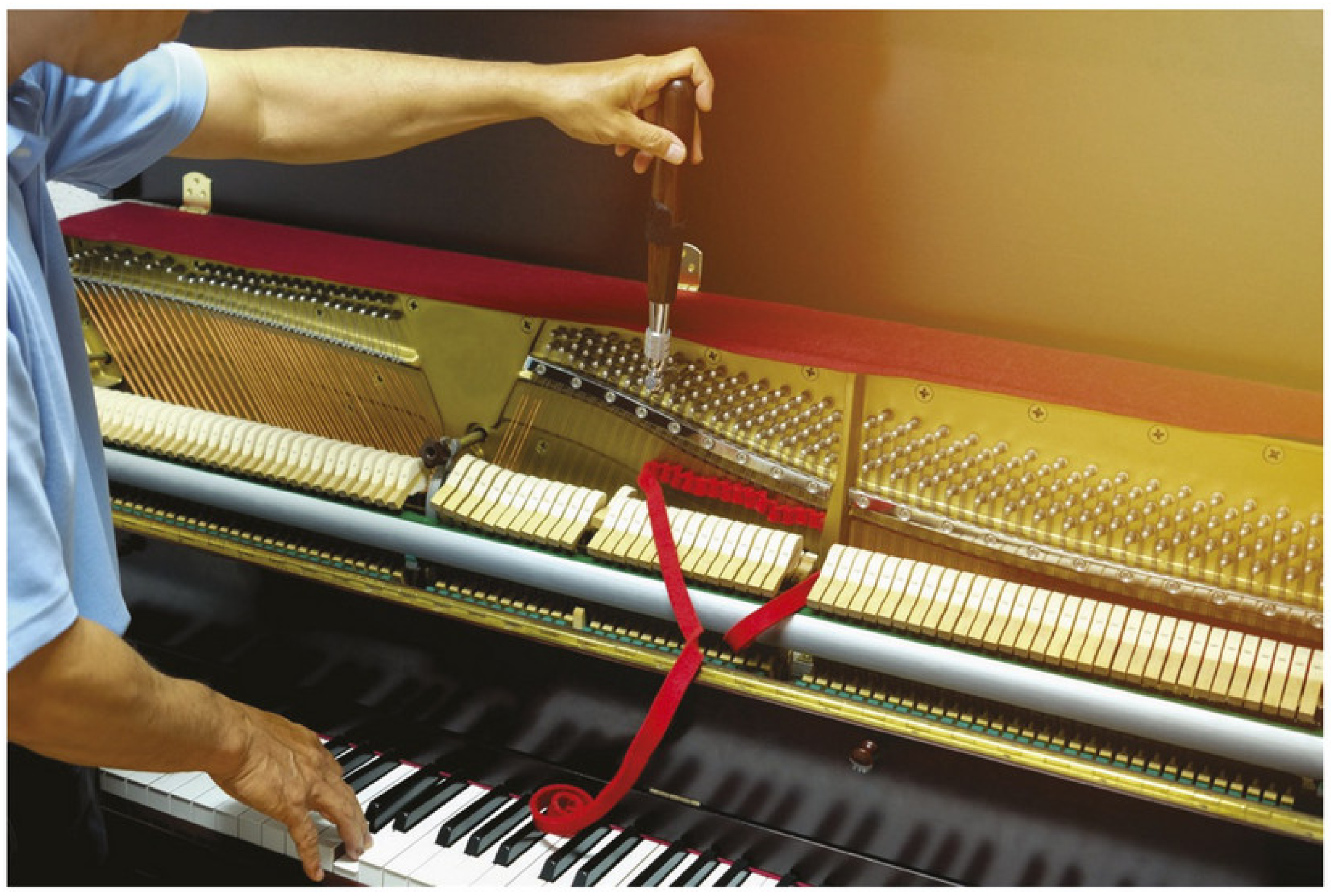
b Met welke snaar kun je de laagste toon maken?



figuur 7 Spelen op een harp.

★ 4 Als je over de opening van een limonadeflesje blaast, hoor je een geluid. Dat komt doordat de luchtkolom in het limonadeflesje gaat trillen.
Hoe verandert het geluid als je limonadeflesje leeg raakt? Licht je antwoord toe.

5 Een pianostemmer (figuur 8) begint altijd met het stemmen van een bepaalde snaar. Deze snaar hoort een toon te geven van 440 Hz.
Leg uit of de stemmer deze snaar strakker of losser draait:
a als deze een toon geeft van 445 Hz;
b als deze een toon geeft van 435 Hz.



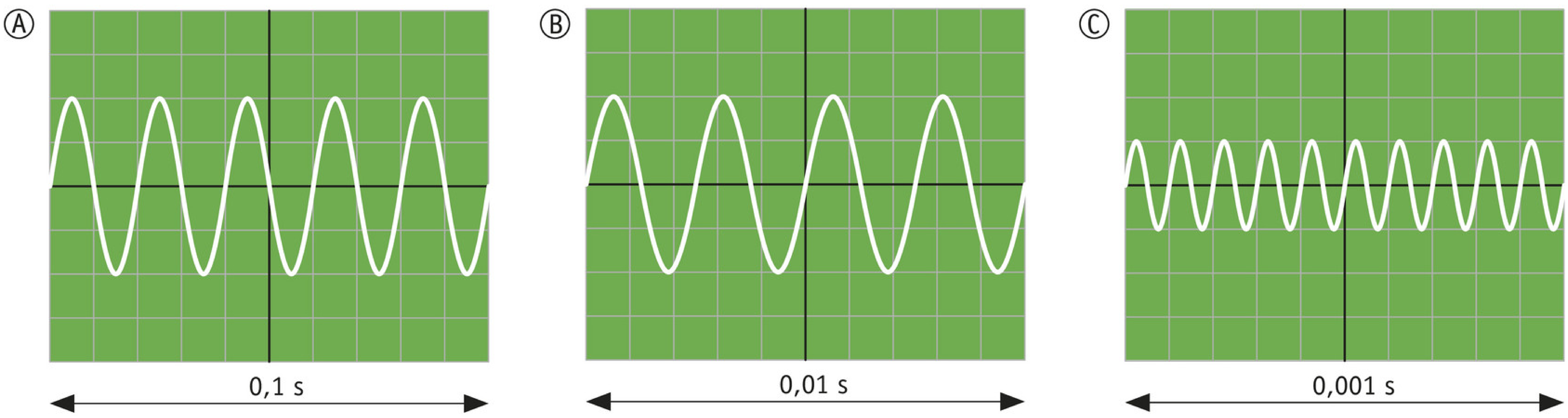
figuur 8 Het stemmen van een piano met een stemsleutel.

6 Een basgitaar lijkt veel op een gewone gitaar. Toch kun je met een basgitaar veel lagere tonen maken.
a Hoe komt dat? Noteer twee redenen.
b Als je de vier snaren van een basgitaar één voor één aanslaat, hoor je dat ze van onder naar boven steeds lager klinken.
Leg uit hoe dat mogelijk is.

7 Het gezoem van een mug klinkt veel hoger dan het gezoem van een bij.
Bij welk van deze twee insecten bewegen de vleugels per seconde het vaakst op en neer? Licht je antwoord toe.

8 In figuur 9 zie je drie oscilloscoopbeelden.
a Bepaal bij trilling A de tijd van één trilling.
b Bepaal bij trilling B de tijd van één trilling.
c Bepaal bij trilling C de tijd van één trilling.

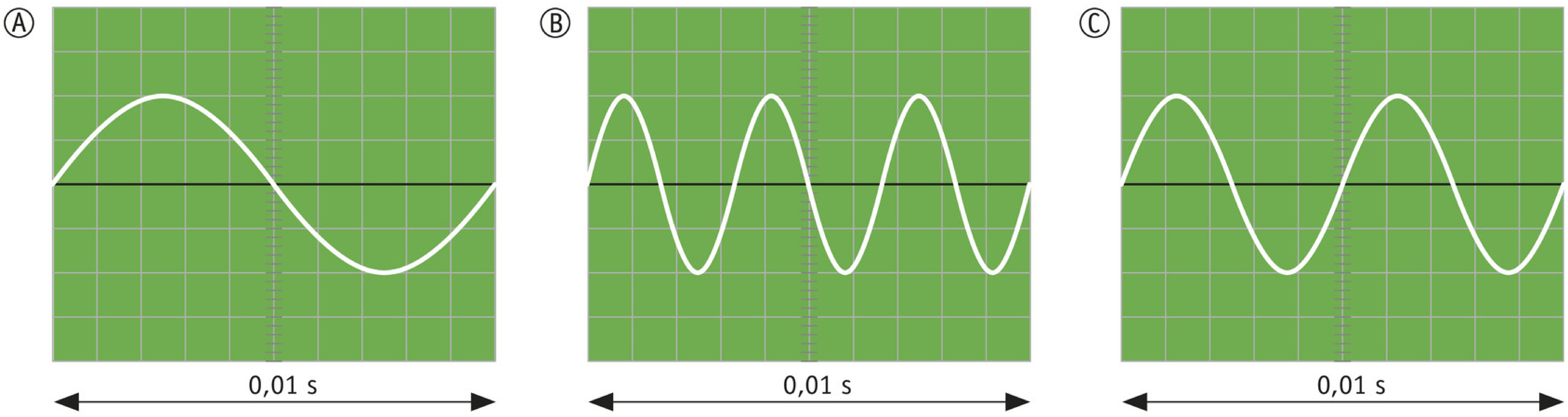
figuur 9 Hoelang duurt een trilling bij deze tonen?



9 In figuur 10 zie je drie oscilloscoopbeelden. Er zijn drie verschillende tonen afgebeeld.

a Welke toon is het hoogst? Waaraan zie je dat?
b Welke toon is het laagst? Waaraan zie je dat?

figuur 10 Drie oscilloscoopbeelden.



10 Dieren hebben een ander frequentiebereik dan mensen (figuur 5).

a Welk dier in figuur 5 kan de hoogste tonen horen?
b Welk dier kan de laagste tonen horen?
c Een hondenfluitje maakt een hoog geluid dat een hond wel, maar een mens niet kan horen.
Hoe groot kan de frequentie van zo'n fluitje zijn?
d Zijn er ook tonen die een mens wel kan horen en een hond niet?

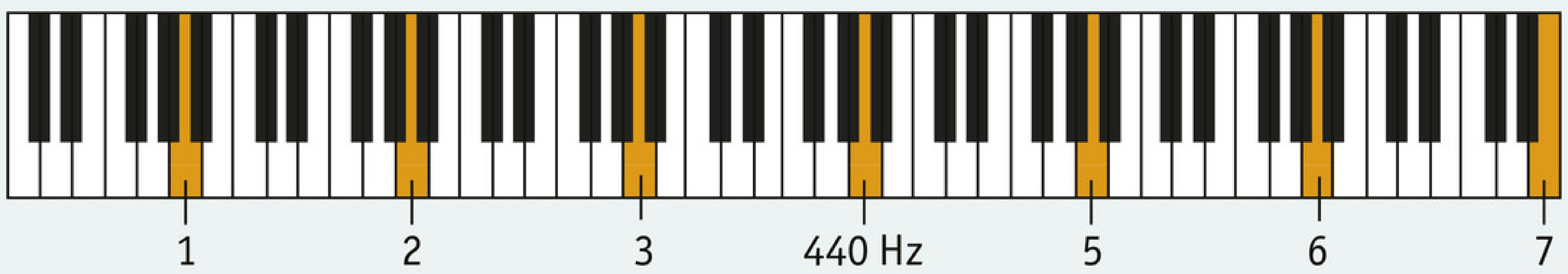
Test je kennis met de *Test jezelf*.

EXTRA **OCTAVEN**

11 Vul in.

a Als de frequentie twee keer zo groot wordt, klinkt de toon een .... hoger.
b Als je een toon van 660 Hz speelt en daarna een toon van 330 Hz, hoor je dezelfde toon, maar een octaaf ....
c De lage A-snaar op een basgitaar heeft een frequentie van 110 Hz. De A een octaaf hoger heeft een frequentie van ....

12 In figuur 11 zie je de toetsen van een piano. De zeven toetsen waarop je een A kunt spelen, zijn genummerd 1 tot en met 7. De vierde A (A_4) heeft een frequentie van 440 Hz. Bereken de frequentie van zesde A-toon die je op de piano kunt spelen.



figuur 11 De zeven A's die je op een piano kunt spelen.

13 Maaike speelt gitaar. Op haar gitaar zitten twee E-snaren. Als ze de ene E-snaar laat trillen, hoort ze een hoge toon van 330 Hz. Als ze de andere E-snaar laat trillen, hoort ze een lage toon van 82,5 Hz.
Hoeveel octaven zitten er tussen deze hoge E en lage E?

3 Geluidssterkte

LEERDOELEN

8.3.1 Je kunt uitleggen wat het verband is tussen de amplitude van een trilling en de geluidssterkte.
8.3.2 Je kunt beschrijven wat de gehoordrempel en de pijngrens zijn.
8.3.3 Je kunt het apparaat benoemen waarmee je geluidssterkte meet.
8.3.4 Je kunt uitleggen waarom de dB(A)-schaal gebruikt wordt.
8.3.5 Je kunt uitleggen hoe de geluidssterkte afhangt van de afstand tot de geluidsbron.
EXTRA 8.3.6 Je kunt uitleggen wat een otoplastiek is en wie deze gebruikt.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN						
	8.3.1	8.3.2	8.3.3	8.3.4	8.3.5	8.3.6	8.2.3*
Onthouden	1a	1cd, 2c	1b, 2b	2a			
Begrijpen	3b, 4ab, 6ab			9abcd	7ab	10a, 11abc	3a
Toepassen	4c, 5a				7c	10bc	5b
Analyseren				8			

* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

Heel harde geluiden hoor je niet alleen, soms voel je ze ook. Het geluid bij een concert staat soms zo hard dat je het geluid letterlijk kunt voelen. Vooral de bastonen kunnen doordreunen tot in je maag.

DE AMPLITUDE VAN EEN TRILLING

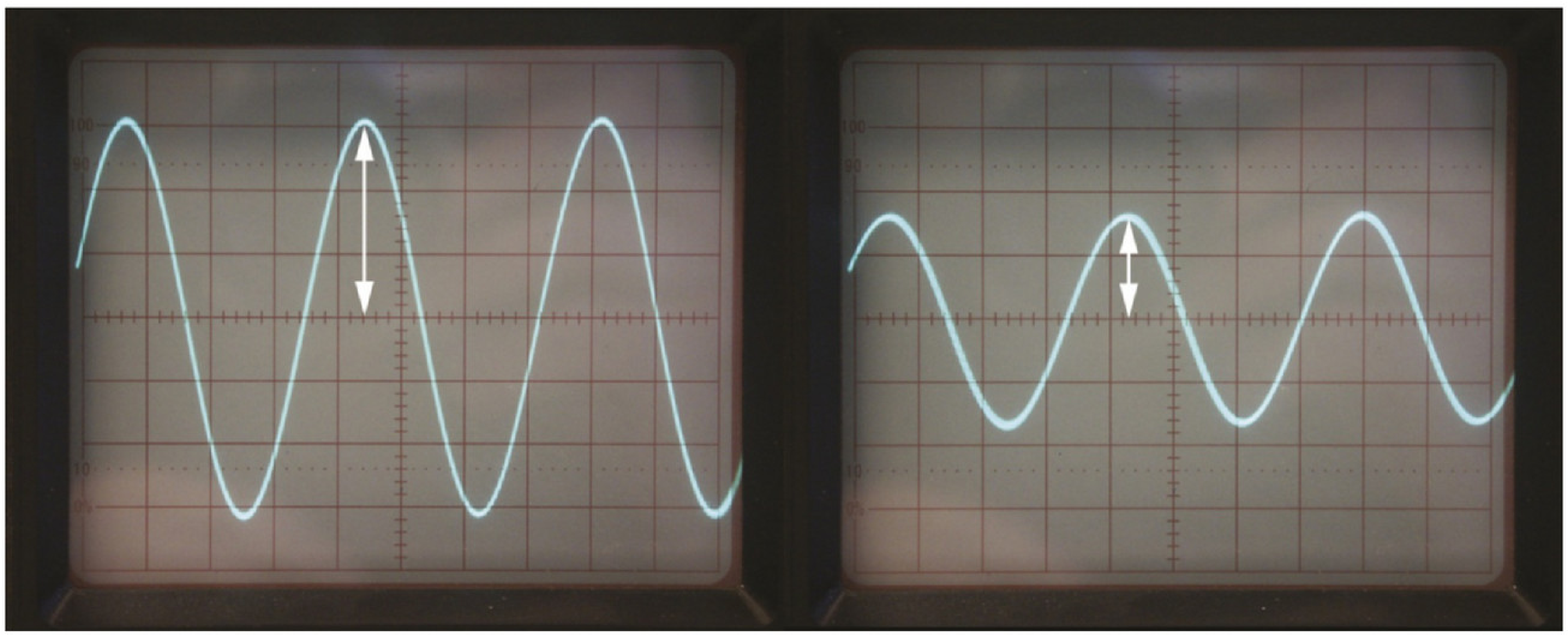
De *Amen break* is een *sample* (een kort muziekfragment) die in veel hiphopmuziek gebruikt wordt. De sample duurt iets meer dan vijf seconden waarbij harde en minder harde slagen op de drum elkaar afwisselen. In figuur 1 zie je hoe een computer deze sample weergeeft. De **geluidssterkte** geeft aan hoe hard het geluid is dat wordt geproduceerd door de geluidsbron. De geluidssterkte wordt bepaald door de **amplitude**. De amplitude van een trilling is de afstand tussen de uiterste stand en het midden. Hoe harder een geluid, hoe groter de amplitude. Als het geluid uitdooft, wordt de amplitude nul.



figuur 1 De *Amen break*.

Als een basluidspreker het geluid van een bassdrum laat horen, kun je de conus zien trillen. Die trilling wordt heviger als je het geluid harder zet. De drukverschillen in de omringende lucht worden dan ook groter. Dat betekent dat het geluid harder is.

Je kunt die drukverschillen onderzoeken met een oscilloscoop. Bekijk de twee foto's van figuur 2 maar eens. Op de foto's is de amplitude van de trillingen aangegeven: de afstand tussen het midden en de uiterste stand.



figuur 2 Hoe groter de amplitude, des te harder is het geluid.

De amplitude geeft de grootte van de drukverschillen aan. De amplitude van een harde toon is groter dan de amplitude van een zachte toon. Als het geluid is weggestorven, is de amplitude nul geworden.

GEHOORDREMPEL EN PIJNGRENS

Bij geluidssterkte heb je te maken met twee grenzen. De **gehoordrempel** is de geluidssterkte waarbij je het geluid net begint te horen. De **pijngrens** is de geluidssterkte waarbij je oren pijn beginnen te doen. Boven de pijngrens hoor je wel geluid, maar dit is zo hard, dat het zeer doet aan je oren.

DE DECIBELSCHAAL

Hoe hard een geluid is, kun je weergeven op de **decibelschaal**. In tabel 1 zie je hoe groot de geluidssterkte in verschillende situaties is. Het apparaat waarmee je de geluidssterkte meet, wordt een **decibelmeter** genoemd (figuur 3). Er zijn ook apps voor je telefoon waarmee je bijvoorbeeld op een muziekfestival het aantal decibel kunt meten.

tabel 1 De geluidssterkte in verschillende situaties.

situatie	geluidssterkte dB(A)
pijngrens	140
popconcert (heavy metal)	130
toeterende auto op 2 m	120
drilboor	110
discotheek	100
passerende trein op 25 m	90
drukke verkeersweg	80
stofzuiger op 1 m	70
een klas aan het werk	60
woonstraat overdag	50
fluisteren	40
bladgeruis	30
horloge	20
ademen	10
gehoordrempel	0

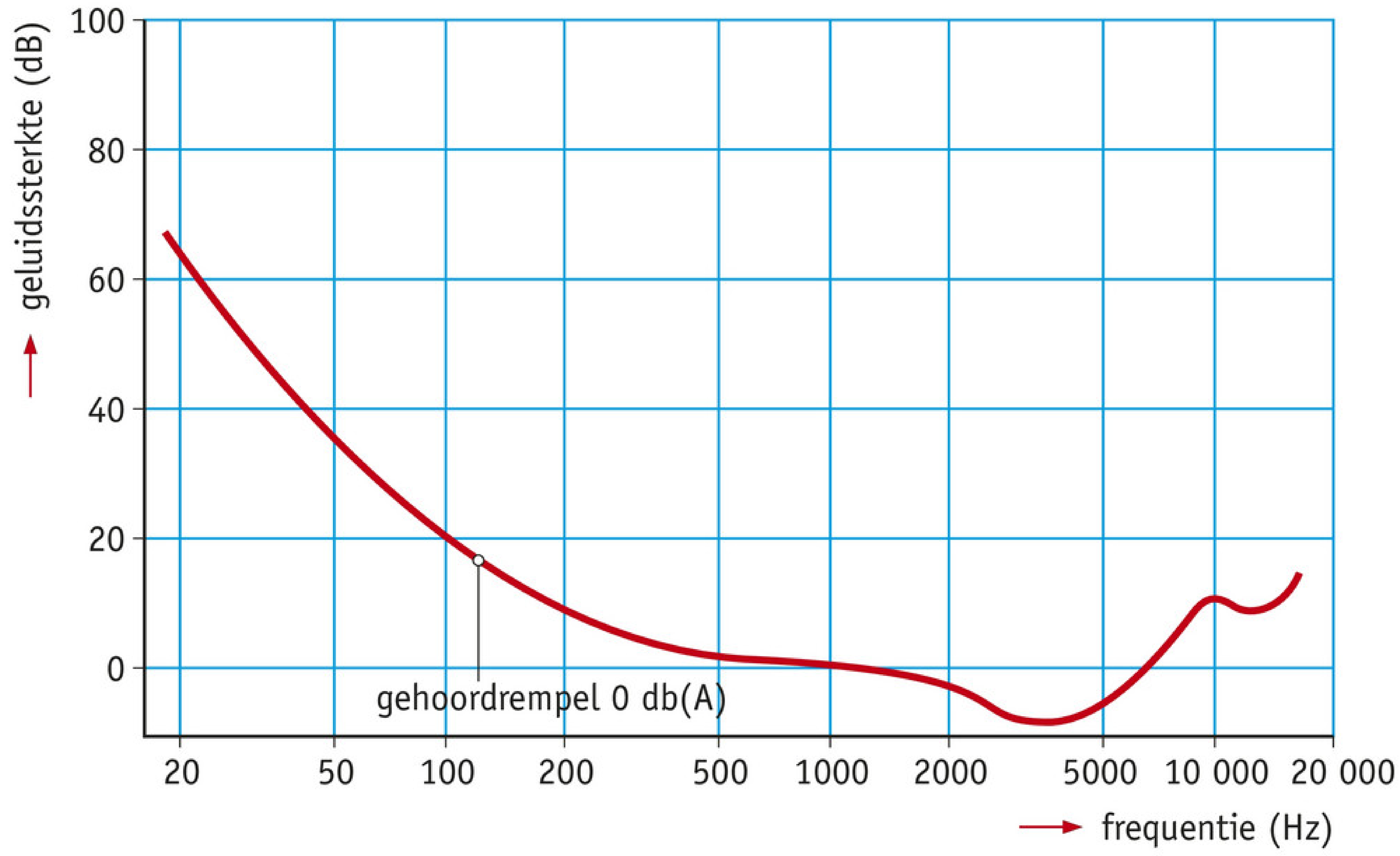


figuur 3 Een decibelmeter.

De geluidssterkte wordt gemeten in decibel(A). Dit kort je af als dB(A). De (A) geeft aan dat er bij de meting rekening is gehouden met het menselijk gehoor. Hoge en lage tonen hoor je namelijk minder goed. Dat kun je zien in figuur 4: de gehoordrempel is het laagst tussen 500 en 7000 Hz. Een geluidssterkte van circa 0 dB is dan al genoeg om de toon te kunnen horen.

Vooral bij lage tonen ligt de gehoordrempel veel hoger. Je hoort een toon van 50 Hz pas als de geluidssterkte 38 dB is. Voor een toon van 20 Hz ligt de geluidsdrempel zelfs boven de 60 dB. Deze tonen lijken dus veel minder sterk dan ze in werkelijkheid zijn.

Bij metingen in dB(A) zit er een filter op de decibelmeter. Het filter maakt de meter minder gevoelig voor hoge en lage tonen, precies zoals je oor dat ook is. Een geluidssterkte van 0 dB(A) betekent niet dat er geen geluid is. Het geluid is echter zo zwak, dat je het niet (of nauwelijks) kunt horen.



figuur 4 Je gehoor is niet voor alle frequenties even gevoelig.

GELUIDSSTERKTE EN AFSTAND

Een elektrische scooter maakt veel minder herrie dan een scooter die op benzine rijdt. Met een decibelmeter kun je nagaan of een scooter met een verbrandingsmotor niet te veel lawaai maakt (figuur 5). De geluidssterkte moet daarbij op een vaste afstand van de uitlaat worden gemeten. Dat is nodig omdat de geluidssterkte afhangt van de afstand tot de geluidsbron: op 20 cm van de uitlaat meet je een grotere geluidssterkte dan op 80 cm.



figuur 5 De politie controleert de geluidssterkte.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

EXTRA GEHOORBESCHERMING

Musici die in een orkest of band spelen, moeten zuinig zijn op hun gehoor. In de praktijk valt dat niet mee. De instrumenten om hen heen maken zoveel lawaai dat ze risico lopen op een gehoorbeschadiging (tabel 2). Gewone oordopjes vormen geen goede oplossing: die dempen de ene toonhoogte meer dan de andere, waardoor de muziek vervormt.

tabel 2 Gemiddelde geluidssterkte voor musici in een orkest.

musicus	geluidssterkte (dB)
trompet, trombone en hoorn	88
slagwerk	85
fluit en klarinet	84
hobo en fagot	83
harp	82
cello en viool	80

Er zijn oordopjes die alle tonen wel even sterk dempen, maar die zijn veel duurder dan de gewone. Deze oordopjes, die otoplastieken heten (figuur 6), worden gebruikt door professionele musici. Als je een otoplastiek nodig hebt, wordt er eerst een afdruk van de binnenkant van je oor gemaakt. De otoplastiek wordt daarna op maat gemaakt, zodat hij precies past.



figuur 6 Otoplastieken.

LEERSTOF

1 Vul in.

a De amplitude bepaalt hoe .... een toon is.

b De geluidssterkte wordt gemeten in .... (..............................).

c De gehoordrempel is de .... waarbij je het geluid ....

d De pijngrens is de .... waarbij het geluid ....

2 De geluidssterkte wordt gemeten in dB(A).

a Wat geeft de (A) aan die achter de dB is gezet?
b Met welk apparaat kun je de geluidssterkte meten?
c Wat is er aan de hand als de geluidssterkte 0 dB(A) is?

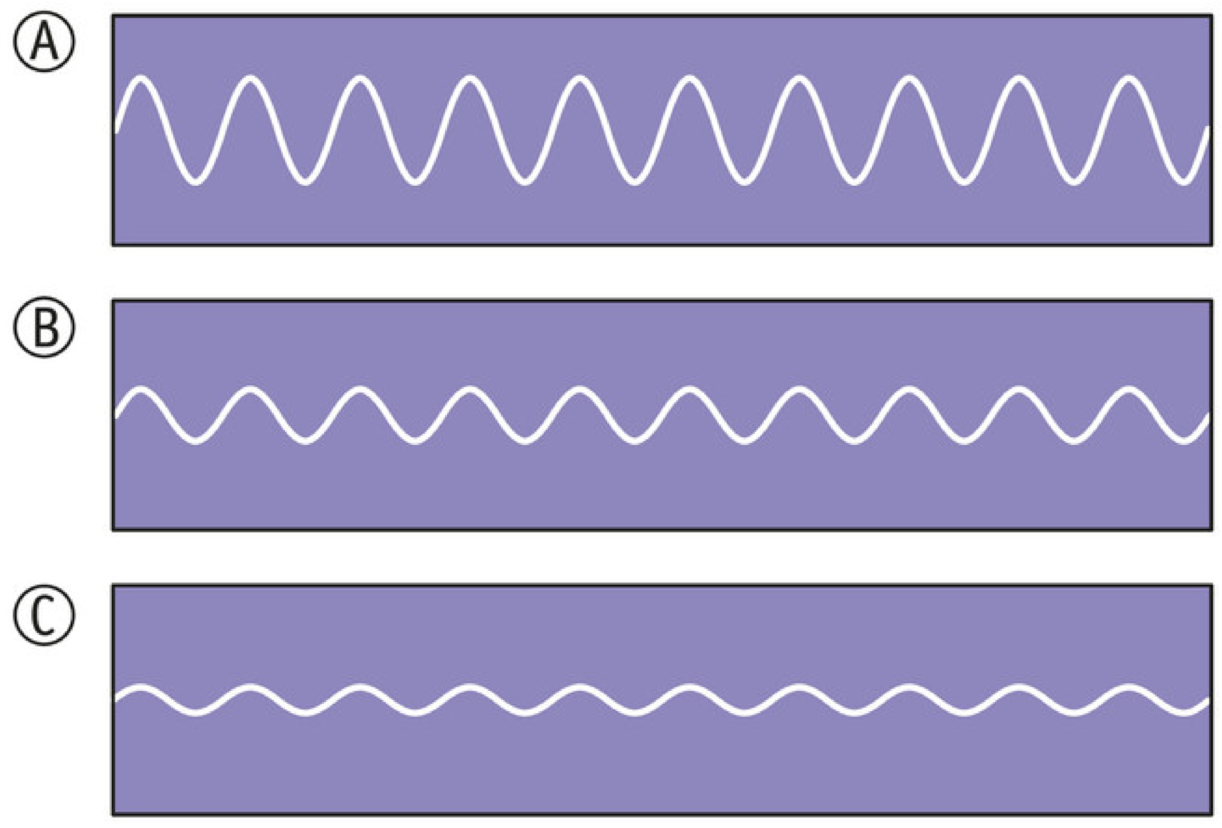
TOEPASSING

3 Op een *mp3-sample* voor het testen van luidsprekers staat een fluittoon die steeds luider wordt. De hoogte van de toon verandert niet. Niels luistert naar de fluittoon.

a Verandert de frequentie van de geluidstrillingen? Zo ja, hoe?
b Verandert de amplitude van de geluidstrillingen? Zo ja, hoe?

4 Carina slaat een stemvork aan. Aan een van de benen van de stemvork is een dunne pen bevestigd. Die trekt ze over een plaat die bedekt is met roet. In figuur 7 zie je drie stukjes van het spoor van trillingen dat dan ontstaat.

a Van welk stukje spoor is de amplitude het grootst?
spoor A / spoor B / spoor C
b Van welk stukje spoor is de amplitude het kleinst?
spoor A / spoor B / spoor C
c Welk stukje spoor is het eerst ontstaan? Waaraan zie je dat?



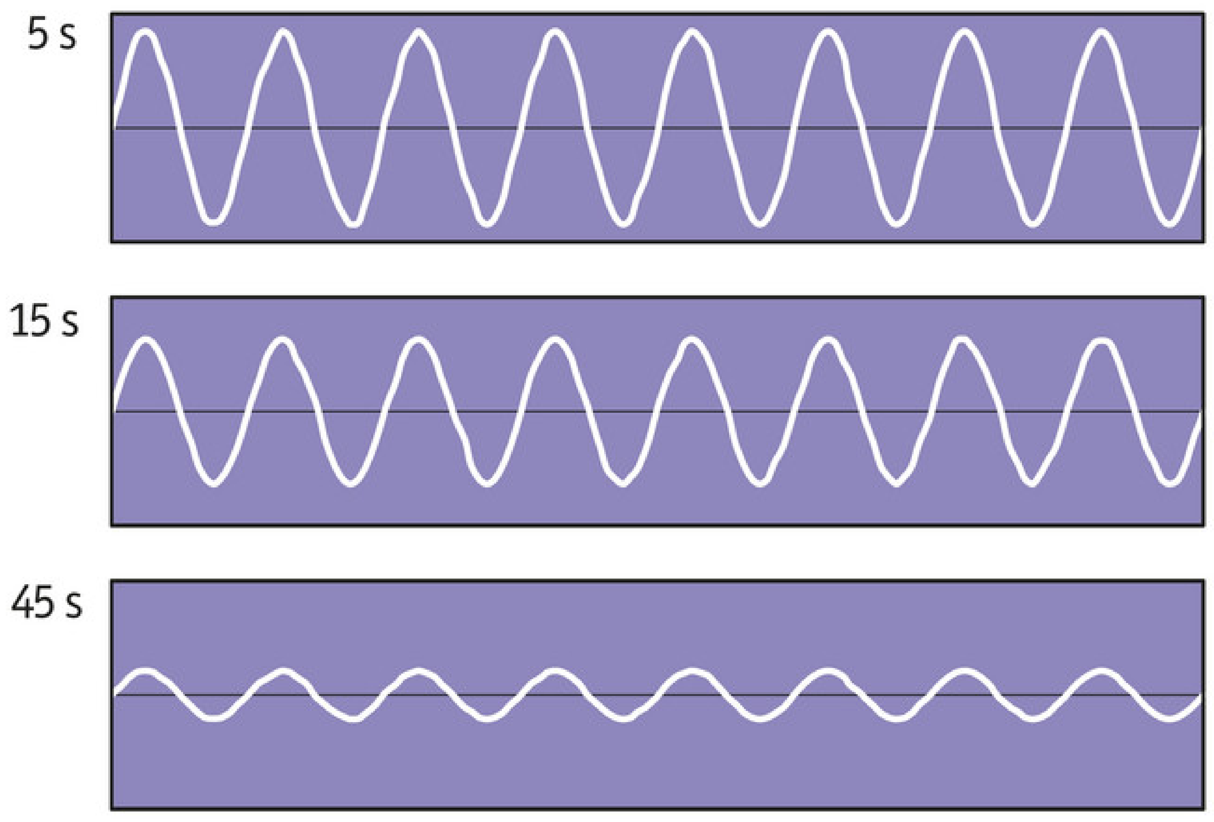
figuur 7 Het spoor van een stemvork.

5

Ilias slaat een stemvork aan. In figuur 8 zie je hoe een oscilloscoop het geluid van de stemvork weergeeft na 5 s, na 15 s en na 45 s.

a Waaraan zie je dat de geluidssterkte afneemt?

b Waaraan zie je dat de toonhoogte gelijk blijft?



figuur 8 Zo geeft een oscilloscoop een uitdovende toon weer.

6

Als je een toets van een piano indrukt, slaat er in de piano een hamertje tegen een snaar aan. Je hoort dan een toon.
Hoe moet een pianist een toets indrukken:

a om een heel harde toon te spelen?

b om een heel zachte toon te spelen?

7

Een agent controleert of Leyla's scooter niet te veel lawaai maakt. Volgens de voorschriften moet ze de decibelmeter op 50 cm afstand van de knalpijp houden.

a De agent meet een te hoge waarde voor de geluidssterkte als de afstand *groter* / *kleiner* is dan 50 cm.

b De agent meet een te lage waarde voor de geluidssterkte als de afstand *groter* / *kleiner* is dan 50 cm.

c Leyla zou ten onrechte een boete kunnen krijgen als de afstand *groter* / *kleiner* is dan 50 cm.

★ 8

Sommige geluidsinstallaties hebben een subwoofer: een aparte luidspreker voor het weergeven van zeer lage tonen. Je kunt de installatie zo afstellen dat je de bassen goed hoort, zonder dat ze de muziek overheersen. Toch is de geluidssterkte van de subwoofer (in decibel) dan veel hoger dan die van de andere luidsprekers.
Leg uit hoe dat mogelijk is.

9

In figuur 4 zie je waar de gehoordrempel ligt bij een normaal menselijk gehoor.

a Een toon heeft een sterkte van 20 dB en een frequentie van 500 Hz. Kun je die toon horen? *ja* / *nee*

b Een toon heeft een sterkte van 20 dB en een frequentie van 50 Hz. Kun je die toon horen? *ja* / *nee*

c Hoe sterk moet een toon van 100 Hz minstens zijn om gehoord te kunnen worden? ....

d Hoe sterk moet een toon van 1000 Hz minstens zijn om gehoord te kunnen worden? ....

Test je kennis met de *Test jezelf*.

EXTRA GEHOORBESCHERMING

10 De duurste oordoppen worden op maat gemaakt. Er wordt dan eerst een afdruk gemaakt van je oor.

a Waarom moet er eerst een afdruk worden gemaakt?
b Wat zal een gebruiker merken als zijn otoplastiek niet goed past?
c Heeft het zin om een otoplastiek van iemand anders te lenen?

11 Lees figuur 9.

a Van welke factoren hangt het af of geluid schade toebrengt aan het gehoor?
b In het artikel staat een aantal maatregelen om gehoorbeschadiging te voorkomen. Noteer deze maatregelen.
c Waarom hebben musici niets aan goedkope oordoppen om het genoemde probleem op te lossen?

figuur 9

Oordopjes voor muzikant

Minder luidruchtige muziekstukken op het repertoire, een grotere afstand of plexiglazen schermen tussen blazers en strijkers en misschien zelfs oordopjes voor musici. Dat zijn mogelijke gevolgen van nieuwe regels voor geluidsbelasting op het werk. De huidige toelaatbare geluidsnorm van 90 dB gaat naar 87 dB. TNO gaat onderzoeken hoe de geluidsbelasting verlaagd kan worden. Een mogelijkheid is bijvoorbeeld de blazers hoger op het podium te plaatsen, zodat ze niet meer al te direct in de oren van andere musici blazen.

Bron: NRC Handelsblad

4 Geluidsoverlast bestrijden

LEERDOELEN

8.4.1 Je kunt uitleggen vanaf welke geluidssterkte je gehoor beschadigd kan raken.
8.4.2 Je kunt uitleggen waarom het belangrijk is om je oren niet te veel bloot te stellen aan hard geluid.
8.4.3 Je kunt een audiogram interpreteren.
8.4.4 Je kunt het verschil uitleggen tussen schadelijk en hinderlijk geluid.
8.4.5 Je kunt uitleggen op welke drie manieren je geluidsoverlast kunt bestrijden.
EXTRA 8.4.6 Je kunt uitleggen wat de reductiewaarde van geluidsisolatie is.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN					
	8.4.1	8.4.2	8.4.3	8.4.4	8.4.5	8.4.6
Onthouden	1a				1bcd, 2	
Begrijpen		7abcd	3ab		5, 6a	9ab, 10ab
Toepassen				4ab	6b	10c
Analyseren					8ab	11

Geluid kan heel irritant zijn. Denk aan het geluid van een druppende kraan of van een vork die over een bord krast. Geluidsoverlast van de buren staat hoog in de top tien van ergernissen in Nederland. Harde geluiden kunnen je gehoor ook nog eens blijvend beschadigen. Het is daarom belangrijk om ongewenst geluid te bestrijden.

SCHADELIJK GELUID

PROEF 7

Harde geluiden kunnen je gehoor beschadigen. Je gehoor loopt zeker schade op als de geluidssterkte groter is dan 140 dB(A). Maar ook als je langdurig blootstaat aan geluid van meer dan 80 dB(A), kan je gehoor beschadigd raken.

Het horen van een piep in je oor, bijvoorbeeld na een concert waar je dicht bij de boxen stond, is een teken dat je oren beschadigd zijn en moeten herstellen. Anders loop je kans op blijvend gehoorletsel. Het kan jaren duren voordat blijvende schade merkbaar wordt. Op het moment dat je last krijgt van slechthorendheid, ben je al te laat; dan kan de schade nooit meer teruggedraaid worden. Inmiddels heeft in Nederland ruim een half miljoen jongeren tussen de 16 en 30 jaar blijvende gehoorschade.

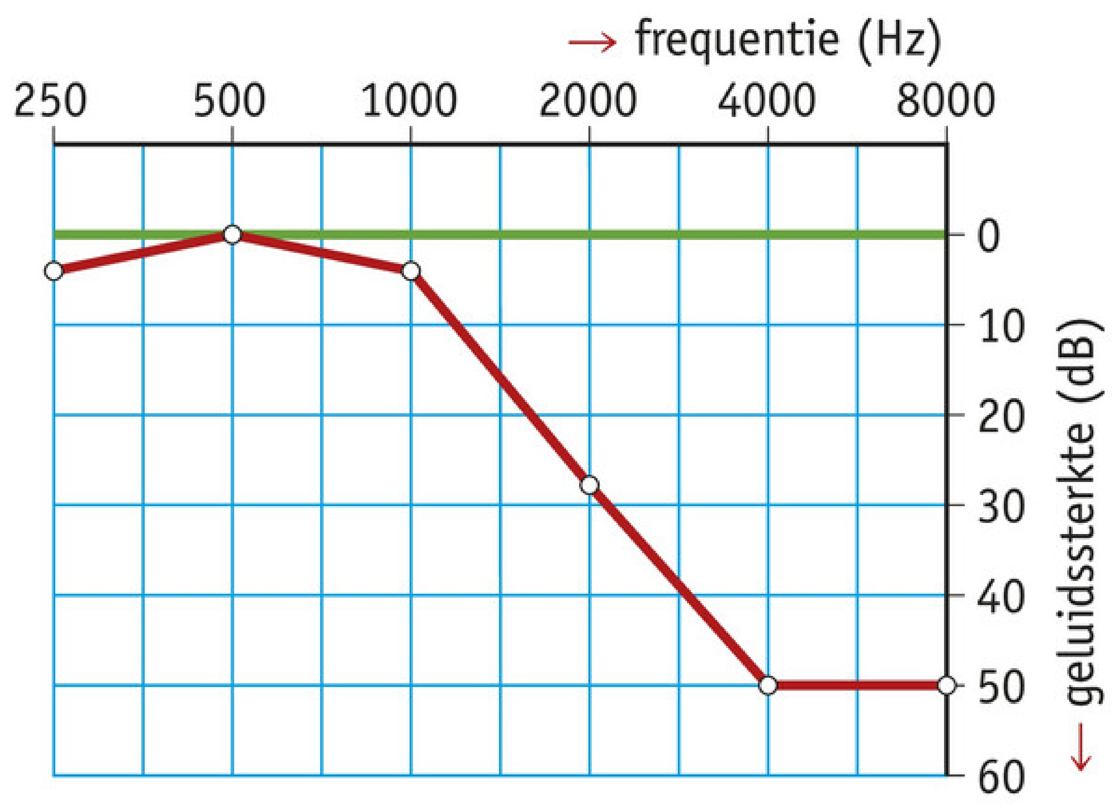
Gehoorschade uit zich niet alleen in slechthorendheid. Sommige mensen horen continu een geluid dat er niet is, bijvoorbeeld een hoge piep, rinkelend geluid of een bromtoon. Ze moeten dat geluid leren negeren.

Als een arts vermoedt dat je gehoor beschadigd is, kan hij een **audiogram** laten maken (figuur 1). Voor een aantal tonen wordt dan je gehoordrempel bepaald. Daarna wordt in het audiogram ingetekend hoeveel dB jouw gehoordrempel afwijkt van de normale waarde.

Als je een goed gehoor hebt, wijkt de grafiek weinig van de nullijn af. Als je gehoor beschadigd is, zijn de verschillen groter. In figuur 2 zie je het audiogram van iemand die moeite heeft met het horen van hoge tonen.



figuur 1 Een audioloog maakt een audiogram.



figuur 2 Dit audiogram toont een gehoorverlies voor hoge tonen.

HINDERLIJK GELUID

Geluid dat je gehoor niet beschadigt, kan nog wel hinderlijk zijn. De ene persoon wordt eerder door bepaalde geluiden gehinderd dan de andere. Veel mensen ervaren verkeerslawaai en ruziënde buren als hinderlijk. Ook telefoons in de stiltecoupé van de trein worden als hinderlijk ervaren (figuur 3).



figuur 3 Ook telefoons kunnen hinderlijk geluid produceren.

Of je een geluid hinderlijk vindt, hangt vaak van de situatie af. Een feest bij de buren hoeft helemaal niet erg te zijn, totdat je gaat slapen en merkt dat de muziek toch behoorlijk hard staat. Als je niet oppast, doe je van pure ergernis geen oog meer dicht.

Dat mensen slecht slapen door geluidsoverlast is niet alleen maar lastig. Iemand met slaapgebrek is snel prikkelbaar en heeft vaak last van concentratieverlies en oververmoeidheid. Op den duur kan je gezondheid door het gebrek aan slaap achteruitgaan.

MAATREGELEN TEGEN GELUIDSHINDER

Auto's en andere vervoermiddelen zorgen voor veel geluidshinder. Een vrachtwagen bijvoorbeeld maakt veel lawaai. Het geluid ontstaat door de ronkende motor, de lucht die langs de auto beweegt, de wielen op het wegdek en de remmen.

Tegen geluidshinder van het verkeer kun je op verschillende manieren iets ondernemen. Je kunt maatregelen nemen bij de bron, tussen de bron en de ontvanger en bij de ontvanger.

Bij de bron

Dit zijn maatregelen waardoor de bron – het verkeer – minder geluid gaat produceren. Dat kan bijvoorbeeld door snelwegen te asfalteren met geluidsarm asfalt. Of door autobanden die minder lawaai maken. Hier zijn al regels voor.

Tussen de bron en de ontvanger

Dit zijn maatregelen tussen een weg en een woongebied, zoals **geluidswallen** en **geluidsschermen**. Ook worden langs snelwegen vaak grote bedrijfsgebouwen gebouwd. Die moeten het geluid tegenhouden voor een woonwijk die verderop ligt.

Bij de ontvanger

Dit zijn de maatregelen die in het woongebied genomen worden. Huizen die dicht bij een snelweg staan, worden bijvoorbeeld extra goed geïsoleerd. Er kan dan veel minder geluid de huizen binnenkomen.

GELUID DEMPEN EN TERUGKAATSEN

Een dikke aarden wal langs een snelweg kan het verkeerslawaai behoorlijk dempen. Maar soms is er niet voldoende ruimte voor een geluidswal. In dat geval wordt er vaak een geluidsscherm langs de snelweg geplaatst.

Een geluidsscherm zoals in figuur 4 kaatst het geluid terug naar de snelweg. Het geluid kan de huizen en flats langs de snelweg daardoor niet bereiken. Materiaal dat geluid moet terugkaatsen, is hard en heeft een glad oppervlak.

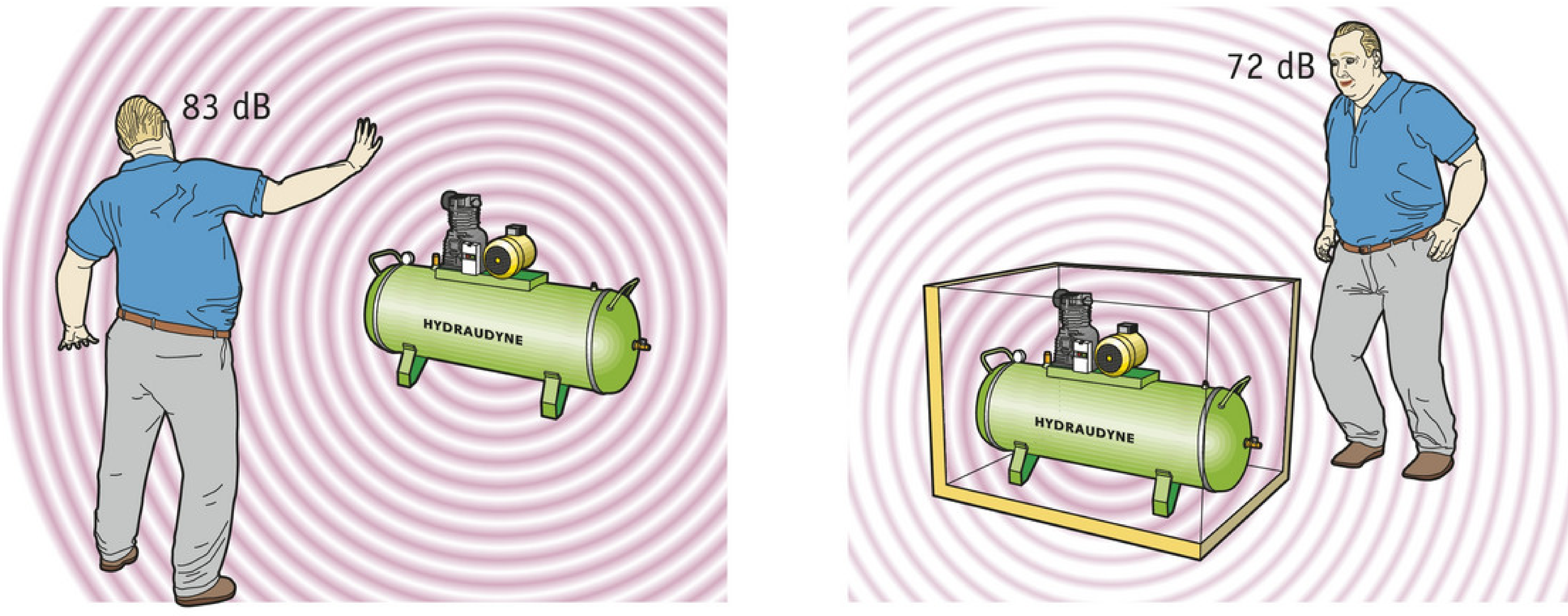


figuur 4 Een geluidsscherm langs de snelweg.

GELUIDSISOLATIE

Geluidshinder wordt vaak bestreden met **geluidsisolatie**. De isolatie kan aangebracht worden bij de bron van het geluid, zoals in figuur 5. De geluidstrillingen worden door de isolatie veel zwakker.

figuur 5 Een machine zonder en met geluidsisolatie.



Isolatie kan ook aangebracht worden bij de ontvanger. Werknemers die met lawaaiige machines werken, zijn verplicht oorkappen of oordopjes te dragen. Hierdoor wordt het geluid dat hun oren bereikt een stuk zwakker (figuur 6).



figuur 6 Oorkappen zijn hier verplicht.

Als een machine op een harde vloer staat, kan hij de vloer gemakkelijk in trilling brengen. De trillingen kunnen door de vloeren en muren alle kanten op bewegen. Dit kan veel geluidshinder veroorzaken. Je kunt de machine van de vloer isoleren door hem op rubberen noppen te zetten. Het rubber dempt de trillingen. De trillingen in de vloer worden daardoor veel zwakker.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

EXTRA GELUIDSISOLATIE IN GEBOUWEN

Buiten gebouwen mag niet te veel lawaai te horen zijn. In een fabriek kun je de geluidsoverlast meteen bij de bron aanpakken: er zijn allerlei manieren bedacht om machines minder lawaai te laten maken. Maar in een muziekclub moet je het geluidsprobleem anders oplossen. Je kunt de muziek niet zachter zetten: dat willen de bezoekers van de club niet.

Om de herrie buiten te verminderen, worden de muren van een club geïsoleerd. Daarbij wordt een dikke laag geluidsisolerend materiaal op de binnenmuren aangebracht (figuur 7). Je zoekt dan materialen waarin de trillingen niet goed doorgegeven worden, zoals katoenplaten of sponsachtig materiaal (figuur 8).



figuur 7 Geluidsisolerend materiaal.



figuur 8 Platen van geluidsisolerend materiaal.

In tabel 1 staan meetgegevens van een bepaald soort geluidsisolatie. Je ziet met hoeveel dB(A) de geluidssterkte buiten afneemt. Dit noem je de reductiewaarde. Voor een toon van 500 Hz is de reductiewaarde 34 dB(A). Als je voor het isoleren buiten 90 dB(A) zou meten, is daar na het isoleren nog maar 56 dB(A) van over.

tabel 1 Reductiewaarden van een bepaald soort geluidsisolatie.

frequentie (Hz)	reductiewaarde (dB(A))
125	23
250	28
500	34
1000	38
2000	36
4000	34

LEERSTOF

1

Vul in.

a Je gehoor wordt zeker beschadigd als de geluidssterkte groter is dan .... dB(A).

b Je kunt maatregelen tegen geluidshinder nemen:

1 bij de ....

2 tussen de .... en de ....

3 bij de ....

c Geluidshinder wordt vaak bestreden met ....

d Materiaal dat geluid moet terugkaatsen, is .... en heeft een .... oppervlak.

2

In deze paragraaf worden vijf manieren genoemd om de geluidsoverlast van een snelweg te beperken.
Welke vijf manieren zijn dat?

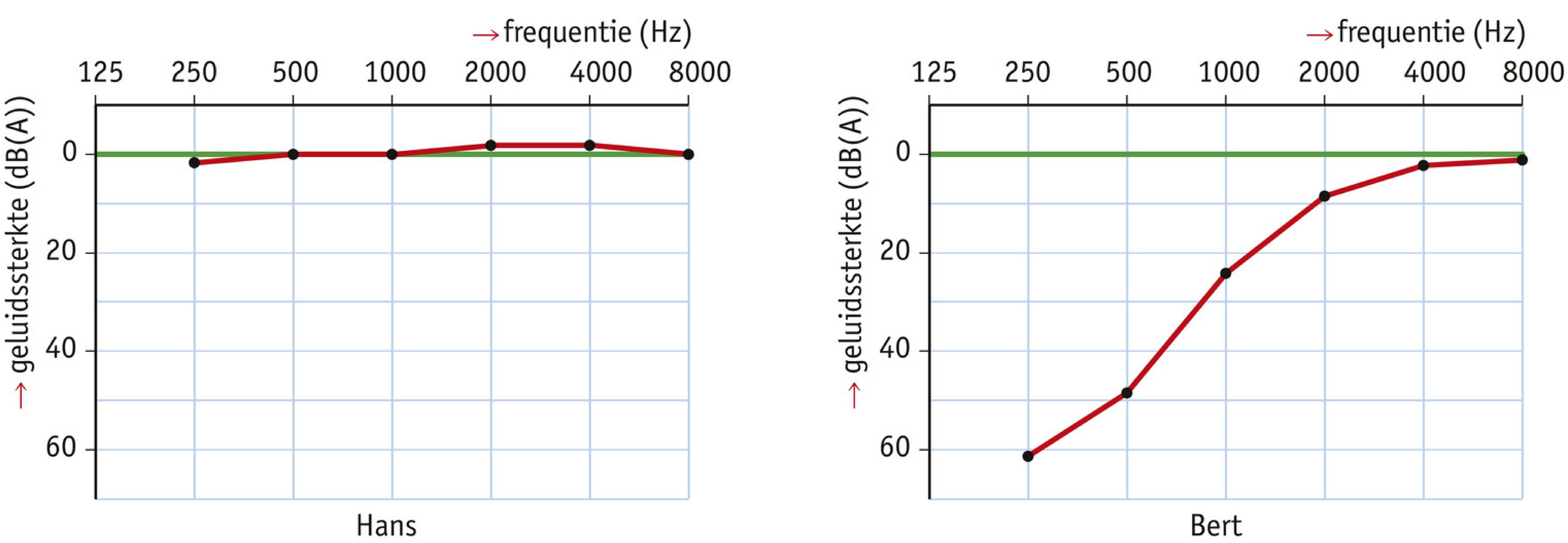
TOEPASSING

3

In figuur 9 zie je de audiogrammen van Hans en Bert.

a Van wie is het gehoor niet in orde?

b Welke tonen kan hij minder goed horen?



figuur 9 De audiogrammen van Hans en Bert.

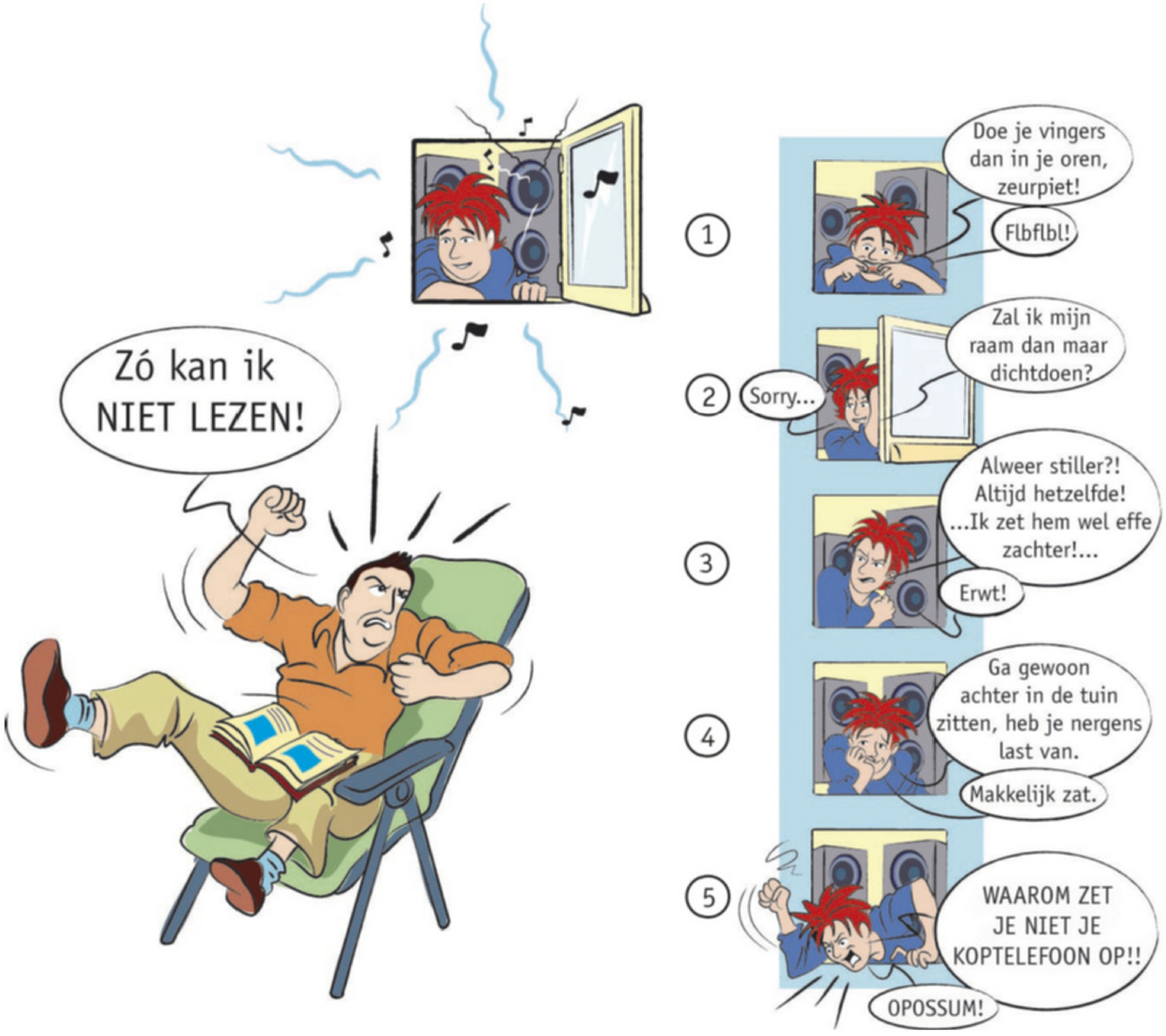
4

Cindy kan niet slapen als ze een wekker hoort tikken. Voor haar is dit geluid heel hinderlijk, al is het niet hard.

a Schrijf twee geluiden op die niet hard zijn, maar die jij wel hinderlijk vindt.

b Noteer twee situaties waarin jij je snel aan geluiden ergert.

5 Kees moppert op het lawaai van Muriël. Muriël kan daarop reageren met verschillende maatregelen (figuur 10).
Geef van elke reactie aan om wat voor maatregel het gaat.
1 *bij de bron / tussen bron en ontvanger / bij de ontvanger*
2 *bij de bron / tussen bron en ontvanger / bij de ontvanger*
3 *bij de bron / tussen bron en ontvanger / bij de ontvanger*
4 *bij de bron / tussen bron en ontvanger / bij de ontvanger*
5 *bij de bron / tussen bron en ontvanger / bij de ontvanger*



figuur 10 Waar worden de maatregelen genomen?

6 Op snelwegen waar de maximumsnelheid 130 km/h was, is deze verlaagd naar 100 km/h.
a Bewoners van gemeenten langs de snelweg waren hier blij mee. Waarom?
b De voorkant van Souhaila's woning ligt op enkele tientallen meters van de snelweg. Souhaila heeft achter in haar tuin een tuinhuisje gemetseld van bakstenen. Naast haar tuinhuisje heeft Souhaila een heg van struiken geplant. Als Souhaila voor het tuinhuisje zit, is het geluid harder dan als zij voor de heg zit.
Leg uit hoe dit komt.

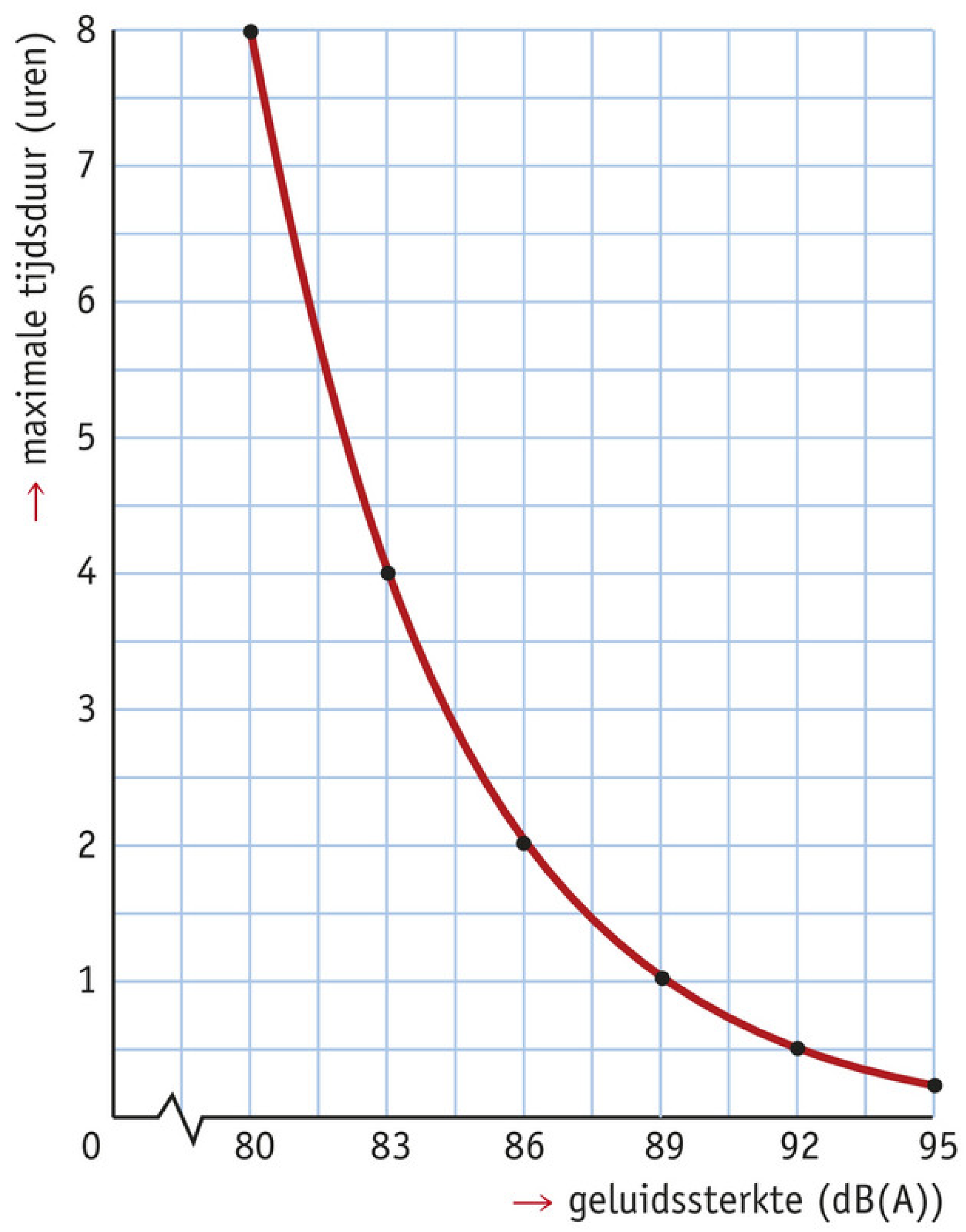
7 In figuur 11 zie je hoelang je je gehoor op zijn hoogst aan lawaai mag blootstellen. Na die tijd moet je je gehoor de kans geven om zich weer te herstellen. Anders loop je kans op blijvend gehoorletsel.

a In de fabriekshal van machinefabriek Lärm & Co schommelt het geluidsniveau rond 86 dB(A).
Hoelang mag je daar onafgebroken werken?

b Afzal hoort een piep in zijn oor na het luisteren naar muziek van 95 dB(A). Hoelang denk je dat hij minstens geluisterd heeft?

c Wat raad je Afzal aan om te doen?

d De popgroep Noise stelt zijn publiek tijdens een concert anderhalf uur lang bloot aan 110 dB(A).
Hoe groot zou de geluidssterkte moeten zijn als Noise de oren van zijn fans zou willen sparen?



figuur 11 Hoe harder het geluid, des te korter mag je eraan blootstaan.

8 Bij het ontwerpen of verbouwen van een fabriek wordt rekening gehouden met de geluidsoverlast voor de medewerkers. Machines maken soms veel geluid. Een van de manieren om overlast tegen te gaan, is het bouwen van een isolerende behuizing om de machine.

a Bedenk twee nadelen van het op deze manier beperken van de geluidsoverlast.

b De geluidsoverlast kun je ook bij de ontvanger aanpakken. De medewerkers moeten dan oorkappen of oordopjes dragen.
Noteer een nadeel van het beperken van de geluidsoverlast bij de ontvangers.

Test je kennis met de *Test jezelf.*

EXTRA GELUIDSISOLATIE IN GEBOUWEN

9 Bekijk het materiaal in figuur 12.
Waaraan zie je dat dit materiaal:

a niet geschikt is om geluid te weerkaatsen?
b heel geschikt is om geluid niet door te geven?

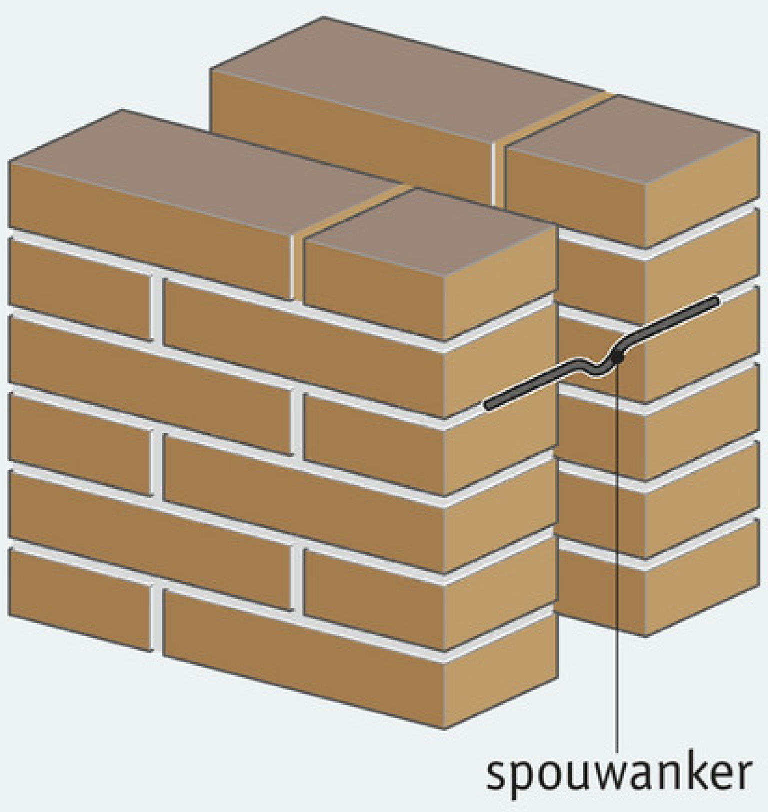


figuur 12 Noppenschuim wordt veel gebruikt voor geluidsisolatie.

10 In tabel 1 staan meetgegevens van een bepaald soort geluidsisolatie.

a Welke frequentie wordt het slechtst door dit materiaal doorgegeven?
b Welke frequentie wordt het best door dit materiaal doorgegeven?
c Dit materiaal is niet erg geschikt voor het isoleren van een muziekclub. Waaruit kun je dat afleiden?

11 Een spouwmuur bestaat uit een binnen- en een buitenmuur. Deze twee muren worden vaak verbonden met stalen staafjes die ankers worden genoemd (figuur 13).
Wordt de geluidsisolatie van de muur hierdoor beter, slechter of verandert deze niet? Licht je antwoord toe.



figuur 13 Spouwmuur met spouwanker.

Practica

PROEF 1 DE STEMVORK

15 minuten

Inleiding
Geluid ontstaat als een voorwerp trilt, zoals een stemvork of een luidspreker. Door de beweging van zo'n geluidsbron wordt de omringende lucht ook in trilling gebracht. Zo kan het geluid je oren bereiken.

Doel
Bij deze proef onderzoek je het trillen van een stemvork.

Nodig
- ☐ stemvork 440 Hz
- ☐ bekerglas

Uitvoeren en uitwerken
- Sla de stemvork aan. Luister naar de toon die je hoort.
- Sla de stemvork opnieuw aan. Zet hem vervolgens met zijn onderkant op de tafel.
- Luister weer naar de toon.

1 Welk verschil hoor je met de eerste keer?

....

....

- Sla de stemvork aan. Voel met je nagel aan een been van de stemvork.

2 Wat voel je?

....

....

- Vul het bekerglas voor driekwart met water. Sla de stemvork aan. Raak met één been van de stemvork het wateroppervlak aan. Pas op dat je de rand van het glas niet raakt!

3 Wat zie je?

....

....

- Sla de stemvork aan en houd hem met zijn onderkant op verschillende plaatsen tegen je hoofd.

4 Wanneer klinkt de stemvork het hardst?

....

....

PROEF 2 DE LUIDSPREKER

15 minuten

Inleiding

In luidsprekers zit een kegelvormig onderdeel dat de conus wordt genoemd. Deze conus kan heen en weer bewegen en zo de omringende lucht in trilling brengen.

Doel

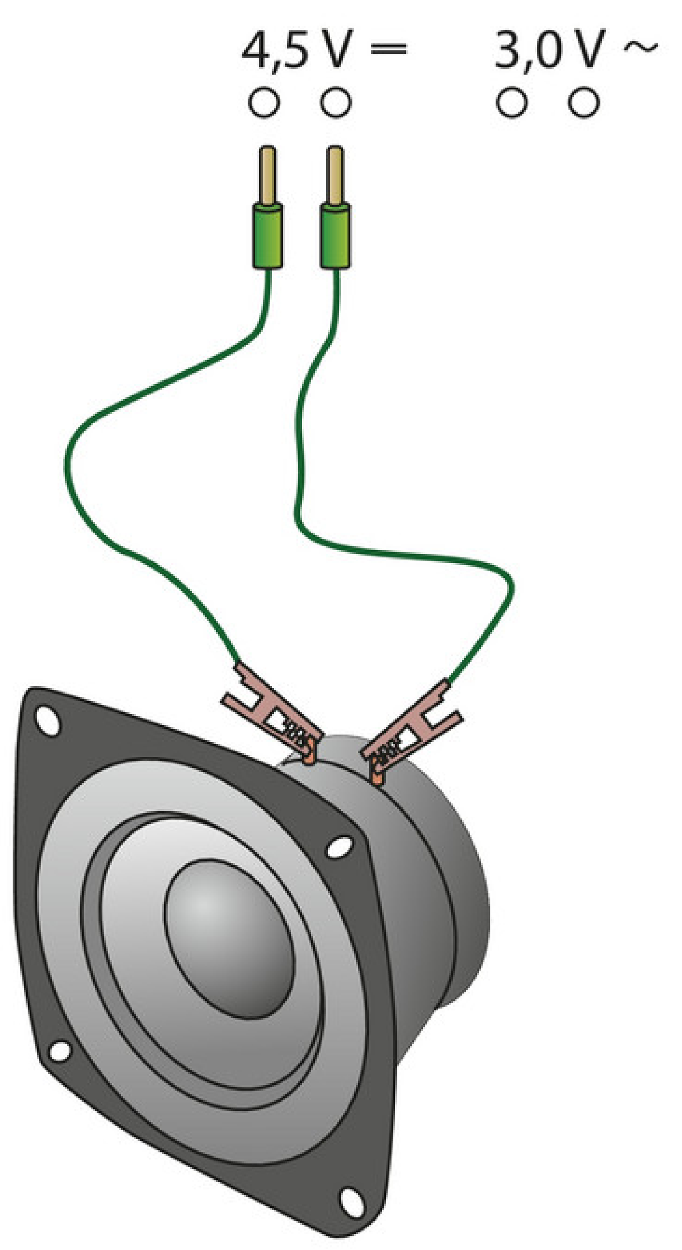
Bij deze proef kom je erachter hoe een luidspreker de lucht in trilling brengt.

Nodig

- ☐ luidspreker
- ☐ 2 snoeren
- ☐ voedingskastje

Uitvoeren en uitwerken

- Sluit de luidspreker aan op een gelijkspanning van 4,5 V (figuur 1). Kijk tijdens het aansluiten naar de conus.



figuur 1 De opstelling van proef 2.

1 Beweegt de conus nu naar binnen of naar buiten?

....

....

- Wissel de twee aansluitingen op het voedingskastje om.

2 Beweegt de conus nu naar binnen of naar buiten?

....

....

- Sluit nu de luidspreker aan op een wisselspanning van 3 V.
- Let op: maak de spanning niet groter dan 3,0 V!

3 Wat hoor je?

....

....

- Voel voorzichtig aan de conus.

4 Wat voel je?

....

....

PROEF 3 EEN LUIDSPREKER BOUWEN EN TESTEN

45 minuten

Inleiding

Een luidspreker zet een elektrisch signaal om in een heen en weer gaande beweging: een trilling. Hoe dat werkt, zie je bij deze proef.

Doel

Je gaat een model van een luidspreker bouwen en testen.

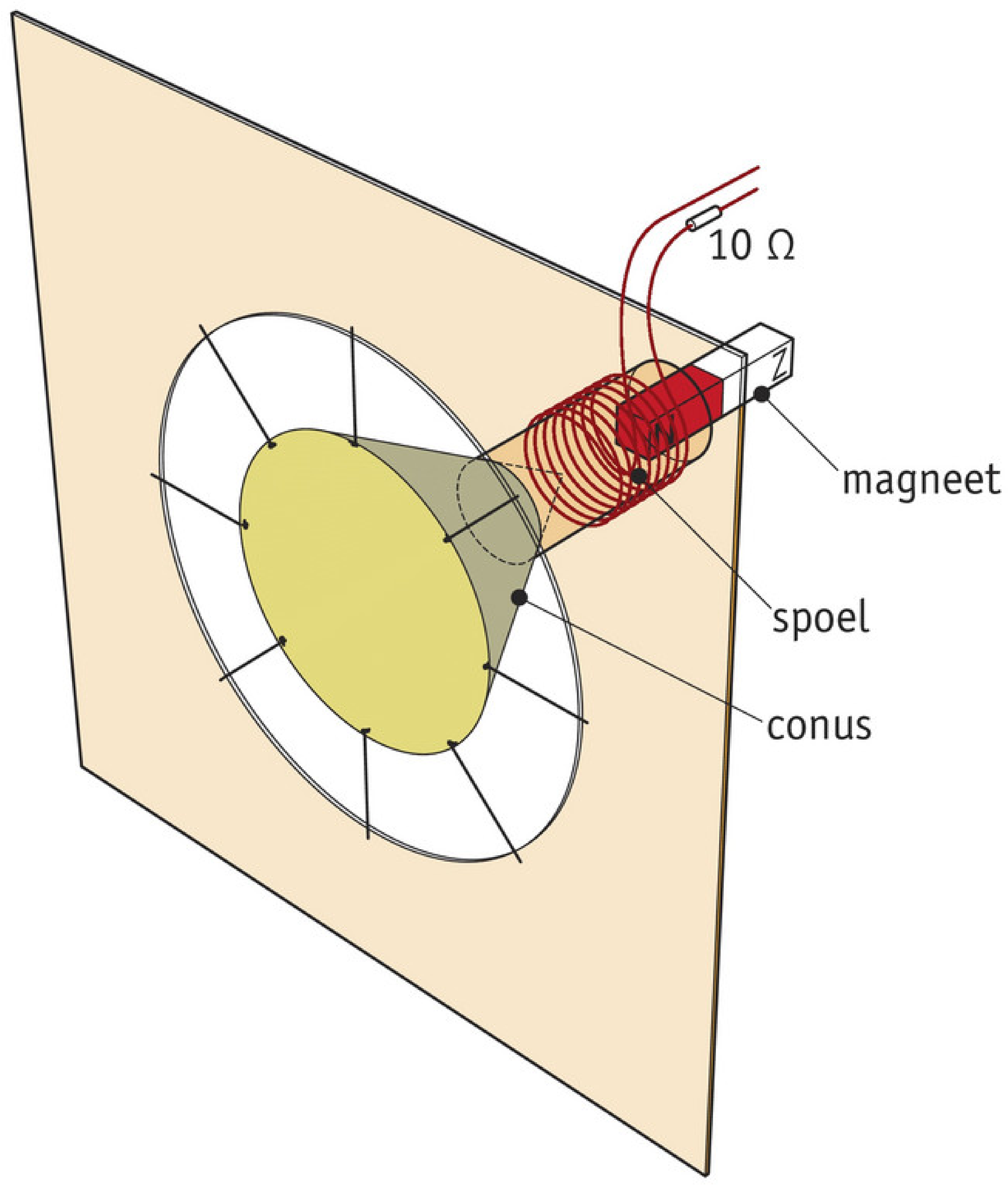
Nodig

- ☐ enkele vellen papier
- ☐ karton
- ☐ plakband
- ☐ dun koperdraad
- ☐ elastiekjes
- ☐ schaar
- ☐ weerstand van 10 ohm
- ☐ sterke magneet
- ☐ radio/versterker

Uitvoeren en uitwerken

Bouwen

- Knip een cirkel uit een stuk papier.
- Knip deze cirkel op één plaats in, van de rand tot aan het midden.
- Plak de randen aan elkaar, zodat er een kegel ontstaat. Deze kegel wordt de conus van je zelfbouwluidspreker (figuur 2).
- Maak een rolletje papier van 4 à 5 cm lengte. Maak het rolletje zo groot, dat je de magneet er goed in kunt doen.
- Plak het rolletje papier vast aan de top van de kegel.
- Wikkel het koperdraad in een spiraal om het rolletje papier. Zo'n spiraalvormig gewonden draad noem je een spoel. Zorg dat aan beide einden 10 cm draad overblijft.
- Schuur de uiteinden van de koperdraad schoon (ongeveer 1 cm).
- Knip een cirkelvormige opening uit het stuk karton. De doorsnede van de cirkel moet vier centimeter groter zijn dan de doorsnede van de conus.
- Hang de conus met strakke elastiekjes op in de opening in het karton.
- Sluit de weerstand van 10 ohm aan op een van de geschuurde koperdraden.
- Sluit de luidspreker aan op de luidsprekeraansluitingen van de versterker.



figuur 2 De bouwtekening van een eenvoudige zelfbouwluidspreker.

Testen

- Zet het volume van de versterker zo zacht mogelijk!
- Houd de noordpool van de magneet in de spoel.
- Draai langzaam het volume omhoog tot je de muziek hoort.

1 Beschrijf het geluid dat je hoort.

....

....

....

2 Wat vind je van de geluidskwaliteit?

....

....

....

PROEF 4 JE STEM ALS GELUIDSBRON

30 minuten

Inleiding
Als je praat of zingt, maak je gebruik van je spraakorgaan. Je stembanden produceren trillingen die daarna worden 'bewerkt' in je keel en je mond. Op die manier ontstaan stemhebbende klanken, zoals de 'aa' en de 'mm'. Je kunt met je tong en lippen ook stemloze klanken maken (waarbij de stembanden niet trillen), zoals de 'p' en de 's'.

Doel
Bij deze proef onderzoek je hoe je met je stem allerlei verschillende klanken kunt maken.

Nodig
- ☐ een kleine spiegel

Uitvoeren en uitwerken
- Strek je nek en doe je kin omhoog. Leg je vingers op je hals terwijl je 'mmmm' zegt.

1 Beschrijf wat je met je vingers voelt op het moment dat je 'mmmm' zegt.

....

....

- Houd de spiegel vlak voor je mond, op ongeveer 1 cm (figuur 3).



figuur 3 Kijk goed naar hoe je mond beweegt.

- Zeg nu een paar keer duidelijk en langzaam: “In Loosdrecht kun je kano’s huren.”

2 Beschrijf zo precies mogelijk wat je achtereenvolgens ziet.

....

....

....

- Leg de spiegel even weg. Houd nu je hand voor je mond, terwijl je dezelfde zin herhaalt.

3 Beschrijf zo precies mogelijk wat je achtereenvolgens voelt.

....

....

....

- Laat het licht van een lichtbron via het spiegeltje in je mond vallen, zodat je diep in je mond kunt kijken (figuur 4).



figuur 4 Kijk goed naar wat er in je mond gebeurt.

- Zeg ‘aaaaaa’ (lang aanhouden) en kijk via de spiegel naar je mond.

4 Beschrijf zo precies mogelijk wat je mond doet.

....

....

....

- Zeg ‘oooooo’.

5 Beschrijf zo precies mogelijk wat je mond doet.

....

....

....

- Zeg ‘iiiiii’.

6 Beschrijf zo precies mogelijk wat je mond doet.

....

....

....

- Leg het spiegeltje weg.
- Let bij de volgende opdracht goed op je tong.
- Zeg ‘rrrrrr’.

7 Hoe hield je je tong toen je ‘rrrrrr’ zei?

....

8 Wat voelde je bewegen in je mond?

....

- Let op je tong en lippen en zeg ‘ssssss’.

9 Hoe hield je je tong en lippen toen je ‘ssssss’ zei?

....

10 Beschrijf hoe de lucht uit je mond stroomt.

....

....

- Zeg de ‘t’ een paar keer.

11 Leg zo precies mogelijk uit hoe je deze klank produceert.

....

....

PROEF 5 DE TRILLENDE LINIAAL

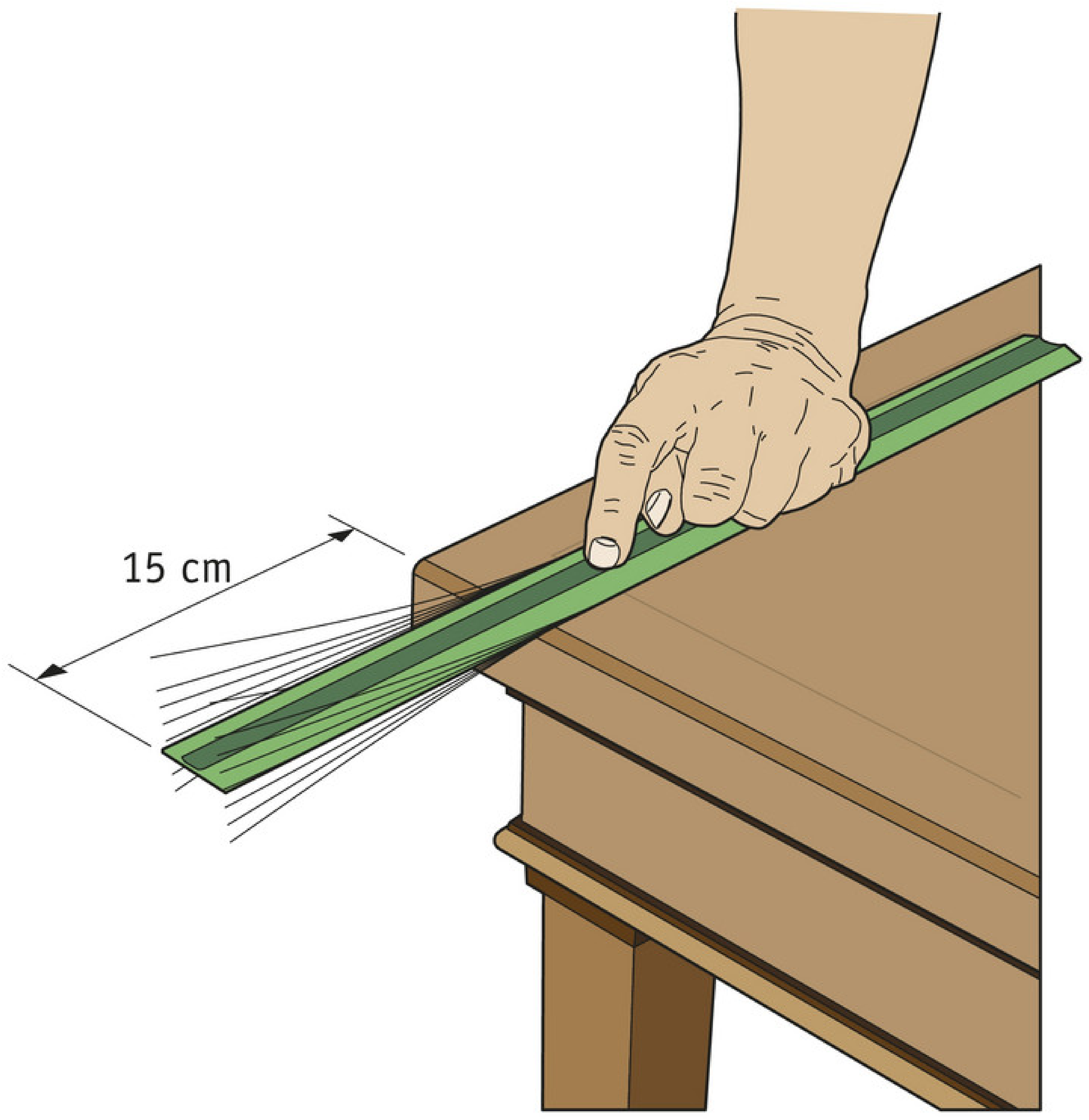
10 minuten

Inleiding
Een toonladder bestaat uit tonen met een verschillende toonhoogte. Elke noot heeft zijn eigen toonhoogte. Die toonhoogte heeft te maken met de frequentie van het geluid: het aantal trillingen per seconde.

Doel
Bij deze proef maak je hoge en lage tonen met een liniaal.

Nodig
☐ metalen liniaal

Uitvoeren en uitwerken
- Duw de liniaal met je hand stevig op de tafel. Zorg ervoor dat 15 cm van de liniaal buiten je tafel uitsteekt.
- Breng dit uiteinde in trilling zoals in figuur 5.
- Laat de liniaal 10 cm buiten je tafel uitsteken en breng hem weer in trilling.
- Doe dit nog eens, terwijl de liniaal 5 cm uitsteekt.



figuur 5 Zo kun je de liniaal laten trillen.

1 Welk verschil hoor je tussen de geluiden?

....

....

....

2 Wanneer is het geluid het hoogst?

....

....

3 Wanneer is het geluid het laagst?

....

....

4 Waaraan merk je dat de trilling in enkele seconden uitdooft?

....

....

PROEF 6 DE FREQUENTIE VAN EEN TRILLING

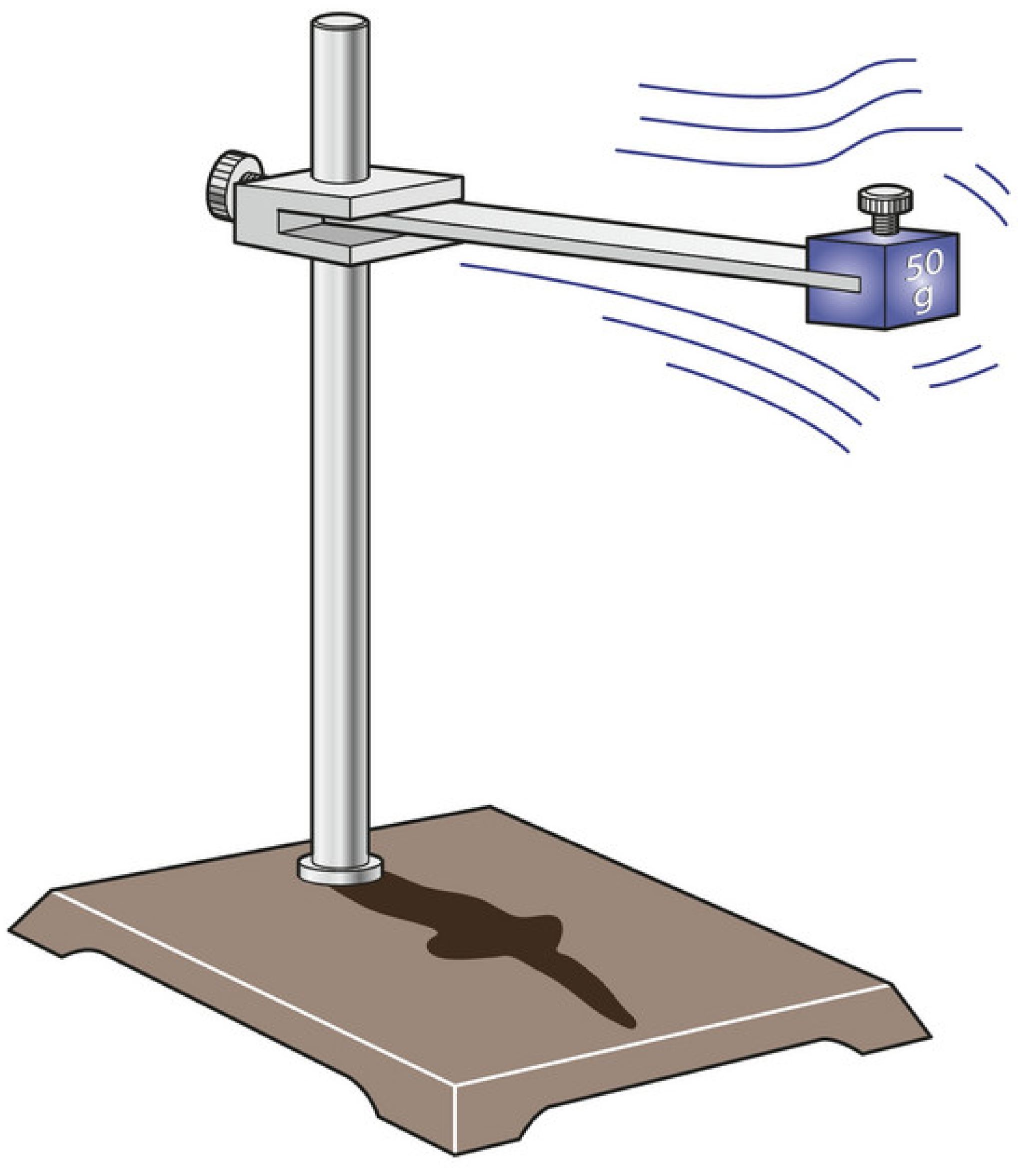
45 minuten

Inleiding
Als je het uiteinde van een zaagblad in beweging brengt, gaat het zaagblad trillen met een vaste frequentie (een vast aantal trillingen per seconde). De frequentie verandert als je een massastuk aan het uiteinde van het zaagblad vastmaakt.

Doel
Je onderzoekt hoe de frequentie van een trillend zaagblad afhangt van de massa aan het uiteinde van het blad.

Nodig
- ☐ zaagblad
- ☐ massastukken van 50 g
- ☐ stopwatch
- ☐ statiefmateriaal
- ☐ grafiekpapier

Uitvoeren en uitwerken
Meten
- Maak het zaagblad vast aan je statief, zoals is getekend in figuur 6.
- Bevestig een massastuk van 50 g aan het uiteinde van het zaagblad.
- Breng het zaagblad in trilling. Meet met de stopwatch de tijd die nodig is voor tien trillingen. Doe dit in totaal drie keer.



figuur 6 De opstelling van proef 6.

1 Noteer je metingen in tabel 1.

tabel 1 De resultaten van proef 6.

	meting 1	meting 2	meting 3	gemiddelde	tijd (s)	frequentie (Hz)
zaagblad met 50 g						
zaagblad met 100 g						
zaagblad met 150 g						

2 Bereken het gemiddelde van de drie metingen. Rond het resultaat af op één decimaal. Noteer dit getal op de juiste plaats in de tabel.

3 Bereken hoeveel tijd nodig is voor één trilling. Deze tijd noem je de trillingstijd van de trilling. Noteer de uitkomst in de tabel.

4 Bereken hoeveel trillingen het zaagblad per seconde uitvoert. Rond af op één decimaal. Dit noem je de frequentie van de trilling. Noteer de uitkomst in de tabel.

- Bevestig aan het uiteinde van het zaagblad achtereenvolgens massastukken van 100 en 150 g. Bepaal steeds met welke frequentie het blad dan trilt.

5 Noteer alle meetresultaten in de tabel.

Uitwerken

6 Teken op grafiekpapier een grafiek van je proef waarin je de frequentie uitzet tegen de massa.

7 Welke conclusie kun je uit de grafiek trekken?

....

....

....

....

....

....

8 Wat zal er met de toon van een stemvork gebeuren als je aan elk been een massastuk vastschroeft?

....

....

....

....

PROEF 7 EEN ONDERZOEK UITVOEREN: HET GEVAAR VAN HARDE MUZIEK

45 minuten

Inleiding

Stel je voor: je leest in de krant dat gehoorschade bij jongeren door muziek een "onderschat en groeiend probleem" is. Volgens een onderzoeker heeft het "veel te harde" geluid op festivals en in discotheken "een enorme impact". Andere boosdoeners zijn telefoons die meestal veel te hard staan. Volgens de onderzoeker heeft meer dan de helft van de jongvolwassenen een gehoorverlies van minstens 10 dB. Jij vraagt je af of het allemaal zo erg is en besluit om zelf een onderzoek uit te voeren.

Doel

Bij deze proef doe je onderzoek naar geluidsniveaus van muziek om te bepalen hoeveel risico de luisteraars lopen. Bedenk zelf een goede onderzoeksvraag voor dit onderzoek.

Nodig

Je kunt het onderzoek uitvoeren met een smartphone of tablet, waarop je een geschikte app hebt gezet. Je kunt zo'n app vinden door in een zoekprogramma 'gehoor apps' of 'decibelmeter apps' in te typen (inclusief de aanhalingstekens).

Uitvoeren en uitwerken

- Bedenk hoe je de onderzoeksvraag betrouwbaar kunt beantwoorden. Hoe ga je na hoe hard het geluid 'normaal' staat voor jouw luisteraars? Hoe meet je de geluidssterkte (en heb je daarvoor wel de juiste app gekozen)? Hoe leg je een verband tussen jouw meetresultaten en de risico's die de luisteraars lopen?

1 Maak een werkplan voor dit onderzoek.

- De werkplannen worden de volgende les besproken met de klas. Verbeter je eigen werkplan daarna nog als dat nodig is.
- Voer daarna het onderzoek uit.

2 Noteer alle meetresultaten, berekeningen en uitkomsten.

- Je docent vertelt je of je een verslag van deze proef moet maken.

....

....

....

....

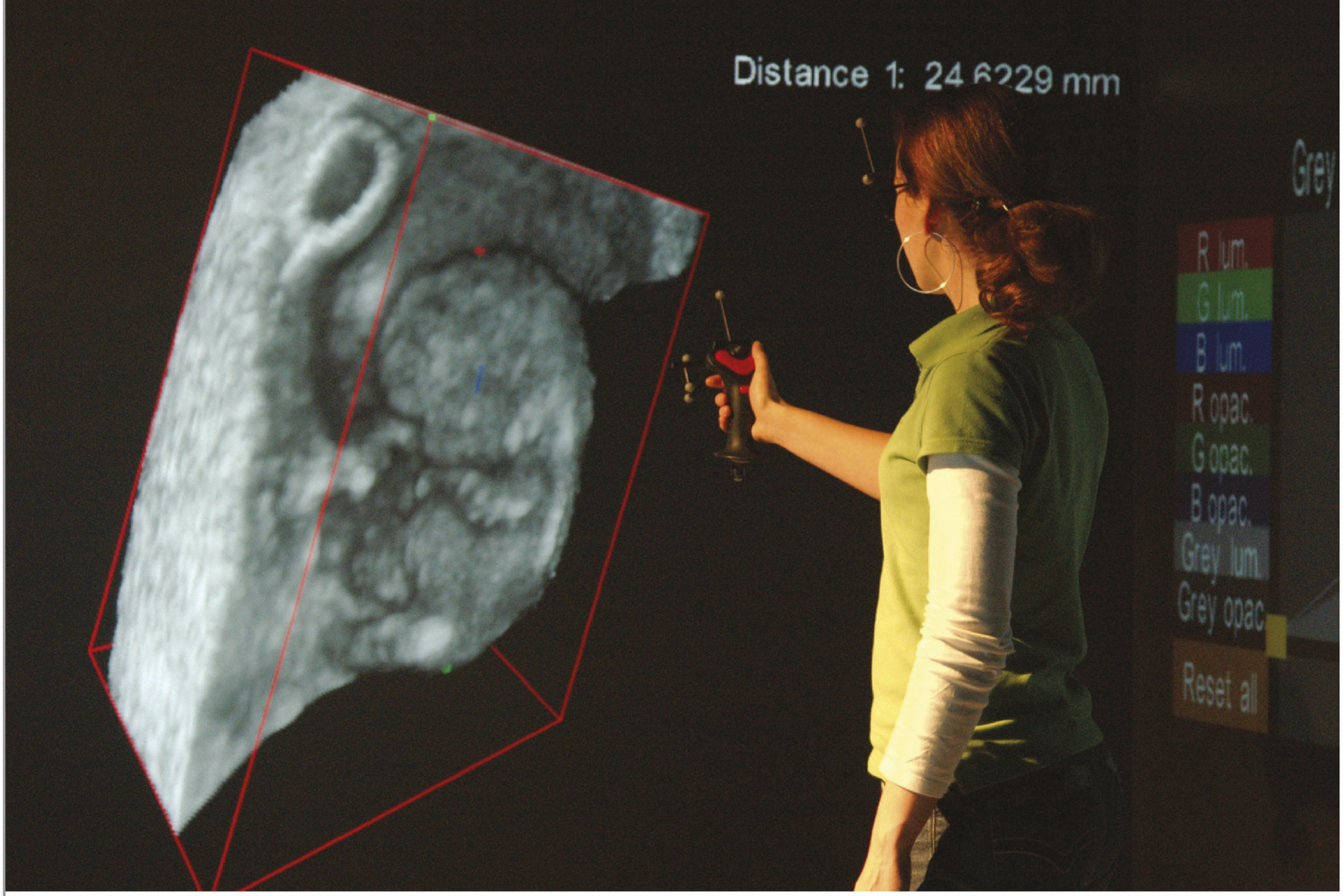
....

....

....

....

Kijken met geluid



"Als je de 3D-bril opzet, zie je het embryo voor je in de ruimte hangen, sterk vergroot en volledig driedimensionaal. Je hebt het gevoel dat je het zomaar aan kunt raken. Dat gevoel wordt nog sterker als je het kind met behulp van de pointer laat draaien, zodat je het van een andere kant kunt bekijken. Als je niet oppast, vergeet je dat het alleen maar om een plaatje gaat. Een heel slim gemaakt plaatje, dat wel."

Nieuwe vorm van echoscopie
Artsen van het Erasmus Medisch Centrum zijn enthousiast over een nieuwe vorm van echoscopie, waarbij de resultaten van een echo ruimtelijk worden weergegeven. De virtual-reality-software die de 3D-beelden maakt, is ontwikkeld door de afdeling Bio-informatica van het Rotterdamse ziekenhuis. Met het nieuwe systeem kunnen artsen de ontwikkeling van een embryo al vanaf de eerste weken van de zwangerschap volgen. Zo kunnen risicozwangerschappen extra goed in de gaten gehouden worden.

Sonar: onder water kijken
In de loop van de tijd zijn er allerlei manieren ontwikkeld om te kijken met geluid. De 3D-echoscopie van het Erasmus Medisch Centrum is de laatste stap in een lange ontwikkeling. Het basisidee is eigenlijk heel eenvoudig. Geluid wordt gereflecteerd op het grensvlak van twee verschillende materialen. Je kunt erachter komen waar dat grensvlak zich bevindt door geluid uit te zenden en te wachten tot de reflectie – de echo – jou weer bereikt.

Dit basisidee werd voor het eerst toegepast in sonar (een afkorting van *sound navigation and ranging*). Bij deze techniek wordt geluid gebruikt om voorwerpen onder het wateroppervlak te kunnen zien. Geluid wordt bijvoorbeeld sterk weerkaatst op het grensvlak van water en ijs. Sonar kan daarom gebruikt worden om ijsbergen onder water te detecteren (figuur 1). Dat is erg nuttig, omdat een ijsberg zich voor 90% onder water bevindt en daar een onzichtbaar gevaar vormt.
Sonar werd een groot succes. De techniek werd niet alleen gebruikt voor het detecteren van ijsbergen, maar ook voor het navigeren in ondiep water en voor het lokaliseren van scholen vis.

Sonar kan worden gebruikt om ijsbergen onder water te detecteren.

In de Tweede Wereldoorlog werd sonar een belangrijk hulpmiddel voor het opsporen van vijandelijke duikboten. Mede dankzij de inzet van sonar wonnen de geallieerden de duikbotenoorlog met nazi-Duitsland.

Een explosief experiment

Al snel ontstonden er meer ideeën om dingen in beeld te brengen met geluid. In 1921 voerde een groep onderzoekers in de Verenigde Staten een experiment uit om zo'n idee uit te proberen. Ze lieten een flinke lading dynamiet ontploffen om zo krachtige geluidsgolven de bodem in te sturen. Net als de bedenkers van sonar waren ze geïnteresseerd in de reflecties die dan zouden ontstaan.

De onderzoekers wisten dat de geluidsgolven weerkaatst zouden worden op het grensvlak tussen twee gesteentelagen. Maar ze wisten niet of de reflecties sterk genoeg waren om ze aan het aardoppervlak te kunnen detecteren. Dat laatste bleek wel het geval en daarmee was de reflectieseismiek geboren. Deze techniek wordt nu over de hele wereld gebruikt om ondergrondse voorraden aan olie en gas op te sporen.

Echo's uit het lichaam

Het succes van sonar en reflectieseismiek bracht artsen op een idee: misschien konden ze geluid gebruiken om het inwendige van het lichaam in beeld te brengen. Tenslotte bestaan er in het lichaam ook allerlei grensvlakken, bijvoorbeeld tussen zacht weefsel en hard bot.

Algauw was duidelijk dat je met gewoon geluid niet ver komt. De 'dingen' die een arts wil zien, zijn veel kleiner dan een ijsberg of een gesteentelaag. Die kun je niet zichtbaar maken met gewoon, hoorbaar geluid. Daarvoor is ultrasoon geluid nodig, dat een veel grotere frequentie heeft. Doordat de geluidsgolven van ultrasoon geluid heel dicht op elkaar zitten, is het geschikt om kleine dingen in beeld te brengen. De eerste experimenten met ultrasoon geluid werden tussen 1940 en 1950 uitgevoerd (figuur 2). De onderzoekers probeerden daarbij om de ligging van hersentumoren te bepalen. Een groot succes was het niet. Er ontstond een beeld van de hersenen, maar dat bleef erg vaag. Wel was duidelijk dat de onderzoekers op de goede weg zaten. In de jaren daarna werd de techniek geperfectioneerd tot er goede, scherpe beelden mee gemaakt konden worden.



figuur 1 Sonar kan gebruikt worden om ijsbergen onder water te detecteren.



figuur 2 De eerste echo's werden gemaakt terwijl de patiënt in een bad zat.

Een echo maken

Voor het maken van een echo wordt een sonde gebruikt waarin een serie piëzo-elektrische kristallen zit. Elektronica zorgt ervoor dat de kristallen een korte puls ultrasoon geluid uitzenden. Het geluid beweegt door het lichaam, waarbij er reflecties ontstaan op de grensvlakken tussen de verschillende weefsels.

De kristallen vangen de echo's weer op en zetten die om in een elektrisch signaal.

Een computer gebruikt de signalen van de kristallen om een beeld op te bouwen van het lichaam. Om dat beeld te maken, wordt uitgegaan van een gemiddelde geluidssnelheid van 1540 m/s in het lichaam. De geluidssnelheid is niet in alle weefsels precies even groot, maar de gemiddelde snelheid geeft desondanks toch een bruikbaar resultaat. Een belangrijk voordeel van de echoscopie is dat je er zachte weefsels mee kunt onderzoeken die op een röntgenfoto niet te zien zijn.

Voordat het onderzoek gedaan wordt, smeert de echoscopist een speciale gel op de huid (figuur 3). De gel is nodig om goed contact te maken tussen de sonde en het lichaam. Als er lucht tussen de sonde en de huid zit, ontstaat er een enorm sterke reflectie op het grensvlak van lucht en huid, twee totaal verschillende 'materialen'. De geluidsgolven worden dan al teruggekaatst voordat ze het lichaam kunnen bereiken en dat levert uiteraard geen goed beeld op.

Echo's in 3D

Door een aantal dwarsdoorsneden naast elkaar te zetten, kan een computer een beeld in drie dimensies opbouwen. Normaal gesproken wordt het resultaat op een gewoon beeldscherm bekeken of op gewoon papier afgedrukt. Het beeld geeft dan wel een driedimensionale situatie weer, maar heeft zelf maar twee dimensies. Zo'n beeld kan niet de illusie oproepen van 'echte' diepte.



figuur 3 Echoscopisch onderzoek bij een zwangere vrouw.

SONARBEELDEN VAN DE TITANIC

In 1912 werd het eerste patent voor sonar aangevraagd, een maand nadat het beroemde passagiersschip de *Titanic* tegen een ijsberg was aangevaren en gezonken. Bij deze ramp vielen meer dan vijftienhonderd doden. In 2012, honderd jaar later, werd het wrak van de *Titanic* nauwkeurig in beeld gebracht met geavanceerde sonarcamera's. De beelden laten overtuigend zien hoe ver de techniek inmiddels gevorderd is.



figuur 4 Het wrak van de *Titanic*.

OPDRACHTEN

1

Om de plaats van de reflectie te berekenen, gebruikt de computer een gemiddelde geluidssnelheid van 1540 m/s. Mensen met obesitas (zwaarlijvigheid) hebben erg dikke vetlagen. In vet is de gemiddelde geluidssnelheid lager, namelijk tussen de 1462 en 1473 m/s.
Leg uit of een vetlaag in de echo te dik, te dun of precies goed wordt afgebeeld.

2

De eerste echoscopie-apparaten waren erg groot, veel groter dan de sondes die nu gebruikt worden. De echo's werden gemaakt terwijl de patiënt in een bad zat.
Bedenk wat de reden geweest kan zijn om de echo onder water te maken.

3

Op een echo kun je geen details zien die kleiner zijn dan de golflengte van het gebruikte geluid. De golflengte is de afstand tussen de maxima van de geluidstrillingen (de gebieden waarin de druk hoger is dan gemiddeld).

a Geluid van 1540 Hz heeft in het menselijk lichaam een golflengte van circa 1 m. Laat zien dat dit zo is met behulp van de gegevens in dit artikel.

b Voor echo's wordt geluid gebruikt met een frequentie van 1 tot 10 MHz. Beredeneer hoe groot de golflengte van dit geluid is.

Leerstofoverzicht

8.1 GELUID MAKEN EN HOREN

ONTHOUD

- Geluid ontstaat door de trillingen in een geluidsbron.
- Geluid heeft een tussenstof nodig waarin de trillingen worden doorgegeven. Dit is meestal lucht.
- Als een geluid je oor bereikt, gaat je trommelvlies trillen. Deze trillingen worden omgezet in signalen naar je hersenen: je hoort het geluid.
- De geluidssnelheid in lucht is ongeveer 340 m/s.
- Je kunt berekenen welke afstand geluid aflegt met de formule: afstand = snelheid × tijd.

BEGRIPPEN

geluidsbron
Voorwerp dat geluid maakt doordat het voorwerp of iets in het voorwerp trilt.

geluidssnelheid
Snelheid waarmee het geluid zich door een stof verplaatst.

trilling
Heen en weer gaande beweging.

tussenstof
Stof waarin de trillingen zich verplaatsen van de geluidsbron naar je oren.

8.2 TOONHOOGTE EN FREQUENTIE

ONTHOUD

- Een snaar heeft een lagere toon als deze dikker, langer of minder strak gespannen is.
- De frequentie van een toon is het aantal trillingen per seconde. Frequentie wordt gemeten in hertz (Hz).
- Hoe groter de frequentie, des te hoger is de toon die je hoort.
- Met een oscilloscoop kun je een trilling zichtbaar maken en de tijd van één trilling aflezen.
- Mensen horen tonen van 20 tot 20 000 Hz. Dit heet het frequentiebereik.

BEGRIPPEN

frequentie
Aantal trillingen per seconde.

frequentiebereik
Frequenties die iemand kan horen.

microfoon
Apparaat dat geluidstrillingen ‘vertaalt’ naar een elektrische trillingen.

oscilloscoop
Apparaat dat geluidstrillingen op een scherm kan weergeven.

stemmen
Een muziekinstrument is gestemd als het zo is ingesteld dat het een toon met de juiste toonhoogte maakt.

stemvork
U-vormig stukje metaal dat altijd een toon met dezelfde toonhoogte geeft.

8.3 GELUIDSSTERKTE

ONTHOUD

- Bij een harder geluid hoort een grotere amplitude.
- Hoe groter de afstand tot een geluidsbron, hoe kleiner de geluidssterkte.
- De gehoordrempel is de geluidssterkte waarbij je het geluid net begint te horen.
- De pijngrens is de geluidssterkte waarbij je oren pijn beginnen te doen.
- De geluidssterkte meet je in decibel(A), afgekort dB(A). Je meet de geluidssterkte met een decibelmeter. Bij metingen in dB(A) zit er een filter op de decibelmeter. Het filter maakt de meter minder gevoelig voor hoge en lage tonen, precies zoals je oor dat ook is.

BEGRIPPEN

amplitude
Afstand tussen het midden en de uiterste stand van een trilling.

decibelmeter
Apparaat waarmee je de geluidssterkte kunt meten.

decibelschaal
Schaal om weer te geven hoe hard een geluid is.

gehoordrempel
Geluidssterkte waarbij je het geluid net begint te horen.

geluidssterkte
De geluidssterkte geeft aan hoe hard een geluid is. De eenheid van geluidssterkte is decibel (dB).

pijngrens
Geluidssterkte waarbij je oren pijn beginnen te doen.

8.4 GELUIDSOVERLAST BESTRIJDEN

ONTHOUD

- Een geluid van 140 dB(A) is direct schadelijk voor je gehoor. Je gehoor kan ook beschadigd raken als je langdurig blootstaat aan geluid van meer dan 80 dB(A).
- Het is belangrijk om je oren niet te veel bloot te stellen aan hard geluid, om permanente gehoorschade te voorkomen. Een piep in je oor is een teken van – hopelijk tijdelijke – gehoorschade.
- In een audiogram kun zien hoe goed je oor iedere frequentie hoort, vergeleken met een normaal gehoor.
- Geluid dat niet schadelijk is, kan wel hinderlijk zijn en bijvoorbeeld slaapgebrek en concentratieproblemen veroorzaken.
- Maatregelen tegen geluidsoverlast kun je nemen bij de geluidsbron, tussen bron en ontvanger en bij de ontvanger.
- Geluidswallen en geluidsschermen verminderen overlast door verkeerslawaai. Geluidswallen dempen het geluid door het geluid bijna niet door te geven, geluidsschermen weerkaatsen het geluid.

BEGRIPPEN

audiogram
Grafiek waarin je kunt zien hoe goed je oor iedere frequentie hoort, vergeleken met een normaal gehoor.

geluidsisolatie
Laag isolatiemateriaal die het geluid slecht doorgeeft, bijvoorbeeld glaswol.

geluidsscherm
Hard, vlak scherm dat geluid terugkaatst.

geluidswal
Dikke laag aarde langs bijvoorbeeld de snelweg.

Ga naar de *Flitskaarten* en de *Diagnostische toets*.

Vaardigheden

ONDERZOEK DOEN

Bij het vak natuur- en scheikunde leer je om onderzoek te doen. Je werkt met practicumapparatuur, voert metingen uit, tekent grafieken en maakt berekeningen. Dit deel van het boek gaat over de vaardigheden die je daarvoor nodig hebt.



1 Onderzoek doen

Bij het vak natuur- en scheikunde leer je om zelf onderzoek uit te voeren. Bij het doen van onderzoek ga je stap voor stap te werk.

Stap 1 **Bedenk een onderzoeksvraag**

Meestal staat de onderzoeksvraag al in het boek vermeld. Dan ben je natuurlijk snel klaar. Soms mag je zelf een onderzoeksvraag bedenken. Wees daarbij niet te gauw tevreden. Je moet wel een idee hebben hoe je jouw vraag kunt beantwoorden.

Stap 2 **Maak een werkplan**

In je werkplan schrijf je op:

- welke materialen en apparatuur je nodig hebt;
- welke opstelling je gaat bouwen (maak een tekening);
- welke grootheden je gaat meten;
- (eventueel) welke formules je gaat gebruiken.

In figuur 1 zie je een voorbeeld van zo'n werkplan.

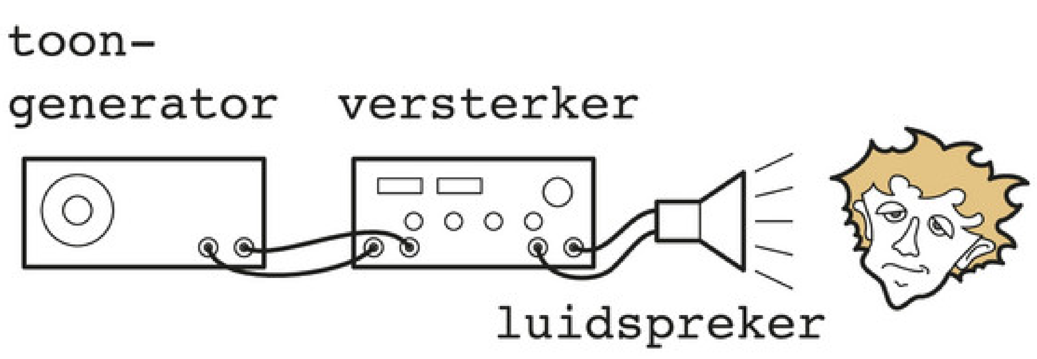
Werkplan van: Eileen en Jamila

Onderzoeksvraag: Wat is de hoogste toon die we kunnen horen?

1 Materialen en apparatuur

* Toongenerator
* Versterker
* Hoge-tonen-luidspreker

2 Opstelling



3 Metingen

Jamila maakt met de toongenerator een steeds hogere toon. Eileen zegt 'stop' als ze geen geluid meer hoort. Jamila kijkt dan op de toongenerator hoe hoog de toon is. Dit doen we een paar keer om te zien of er steeds hetzelfde uitkomt. Daarna gaan we de proef nog eens doen, maar nu luistert Jamila en draait Eileen aan de toongenerator.

figuur 1 Zo ziet een werkplan eruit.

Stap 3 **Uitvoeren en uitwerken**

Je gaat nu metingen uitvoeren en uitwerken.
Zie ook de vaardigheden 5 tot en met 11.

Stap 4 **Conclusies trekken**

Als alles goed is gegaan, kun je nu conclusies trekken. Probeer een antwoord te geven op je onderzoeksvraag. Vraag je ook af wat er in je onderzoek beter had gekund.

Stap 5 **Een verslag maken**

Tot slot maak je van je onderzoek een verslag. Zie de vaardigheid *Een verslag schrijven*.

2 Werken met grootheden en eenheden

Bij proeven en onderzoeksopdrachten doe je vaak metingen. Je gebruikt een meetinstrument om een getalwaarde te vinden voor een eigenschap, zoals de lengte of de temperatuur.

Grootheden

Een grootheid is een eigenschap die je kunt meten met een meetinstrument. Voorbeelden van grootheden zijn lengte, massa en temperatuur. Je kunt deze grootheden meten met een meetlat (voor de lengte, zie figuur 2), een weegschaal (voor de massa) en een thermometer (voor de temperatuur).



figuur 2 Je meet de grootheid lengte in de eenheid meter.

Eenheden

Om een grootheid te kunnen meten, moet je eerst een maat met elkaar afspreken. Zo'n maat noem je een eenheid. Je meet je lengte in meters, je massa in kilogrammen en je lichaamstemperatuur in graden Celsius.

Voor elke grootheid bestaat een internationaal erkende SI-eenheid, zoals de meter voor de lengte, de seconde voor de tijd en ampère voor de stroomsterkte. In het dagelijks leven worden daarnaast ook andere eenheden gebruikt. Mensen doen dat, omdat ze zo'n eenheid handiger vinden of omdat ze het nu eenmaal zo gewend zijn.

Meetresultaten noteren

- Ga voor de meting na in welke eenheid je meetinstrument de uitkomst weergeeft. Vaak is dat meteen duidelijk, maar soms moet je eerst even goed kijken.
- Noteer een meetresultaat altijd meteen nadat je de meting hebt gedaan.
- Doe je maar één meting? Noteer het meetresultaat dan in de vorm:
  [grootheid] = [getal] [eenheid].
  Bijvoorbeeld: massa = 237 gram.
- Doe je een serie metingen? Noteer je meetresultaten dan in een tabel. Zet boven elke kolom met getallen:
  - welke grootheid je hebt gemeten;
  - welke eenheid je hebt gebruikt (tussen haakjes).

In tabel 1 vind je een overzicht van de grootheden en eenheden die je in dit boek tegenkomt. In de derde en vierde kolom staan de SI-eenheden. Andere veelgebruikte eenheden staan in de laatste twee kolommen.

Soms is het nodig om een gegeven om te rekenen van de ene eenheid naar de andere (bijvoorbeeld van km/h naar m/s). Zie daarover vaardigheid 4.

tabel 1 Grootheden en eenheden.

grootheid	SI-eenheid	afkorting	andere eenheid	afkorting
dichtheid	kilogram per kubieke meter	kg/m^3	gram per kubieke centimeter	g/cm^3
frequentie	hertz	Hz	-	-
lengte, afstand	meter	m	-	-
luchtdruk, gasdruk	pascal	Pa	bar	-
massa	kilogram	kg	-	-
snelheid	meter per seconde	m/s	kilometer per uur	km/h
spanning	volt	V	-	-
stroomsterkte	ampère	A	-	-
temperatuur	kelvin	K	graden Celsius	°C
tijd	seconde	s	minuut, uur	min, h
vermogen	watt	W	-	-
volume	kubieke meter	m^3	liter	L

3 Werken met voorvoegsels

Soms is een eenheid onhandig groot of juist onhandig klein. Daarom is er een manier bedacht om eenheden 'op maat' te kunnen maken.

De voorvoegsels in tabel 2 kun je in principe voor elke eenheid zetten. Zo kun je afgeleide eenheden maken die 10, 100 of 1000 keer zo groot óf zo klein zijn als de originele eenheid. Op die manier kun je de grootte van de eenheid aanpassen aan de situatie: kilogrammen voor de massa van je lichaam, milligrammen voor de werkzame stof in een tablet.

In de praktijk worden sommige combinaties veel gebruikt en andere (bijna) nooit. De decibel (dB) is bijvoorbeeld een populaire eenheid, de decivolt (dV) en de deciwatt (dW) kom je nooit tegen.



figuur 3 Een pijnstiller met 500 mg werkzame stof per tablet.

Een eenheid kiezen

- Kijk bij proeven welke eenheid op het meetinstrument vermeld staat. Meestal is het het handigst om die eenheid te gebruiken.
- Kies een kleinere eenheid, als je anders op een erg klein getal (< 0,1) uitkomt. Noteer de uitkomst van een volumemeting bijvoorbeeld als 25 mL en niet als 0,025 L.
- Gebruik een grotere eenheid, als je anders op een erg groot getal (> 1000) uitkomt. Noteer de uitkomst van een berekening bijvoorbeeld als 340 km en niet als 340 000 m.

Soms is het nodig om een gegeven om te rekenen van de ene eenheid naar de andere (bijvoorbeeld van mA naar A). Zie daarover vaardigheid 4.

tabel 2 Voorvoegsels en hun betekenis.

voorvoegsel	afkorting	betekenis	voorbeeld
kilo	k	1000	1 kg = 1000 g
hecto	h	100	1 hPa = 100 Pa
deca	da	10	1 dam = 10 m
deci	d	1/10 = 0,1	1 dL = 0,1 L
centi	c	1/100 = 0,01	1 cm = 0,01 m
milli	m	1/1000 = 0,001	1 mA = 0,001 A

4 Eenheden omrekenen

Vaak is het nodig om een eenheid om te rekenen van de ene eenheid naar de andere. Dat doe je bijvoorbeeld als je de snelheid in m/s hebt uitgerekend en iemand je vraagt wat dat in km/h is.

Bij het omrekenen van eenheden ga je als volgt te werk:

Stap 1 **Noteer een gelijkheid met links de ene eenheid en rechts de andere.**

Stap 2 **Ga na met welk getal je moet vermenigvuldigen of delen.**

Stap 3 **Voer de juiste vermenigvuldiging of deling uit en noteer het resultaat.**

VOORBEELDOPDRACHT 1
In een maatcilinder zit 0,125 L water. Hoeveel milliliter is dat?

Stap 1: Bedenk (of zoek op) dat 1 L gelijk is aan 1000 mL; zie figuur 4.
Stap 2: Je gaat van liter naar milliliter, dus je moet vermenigvuldigen met 1000.
Stap 3: Uitrekenen: Het volume van het water = 0,125 × 1000 = 125 mL

VOORBEELDOPDRACHT 2
Een stroommeter geeft 82 mA. Hoeveel ampère is dat?

Stap 1: Bedenk (of zoek op) dat 1 A gelijk is aan 1000 mA.
Stap 2: Je gaat van mA naar A, dus je moet delen door 1000.
Stap 3: Uitrekenen: De stroomsterkte = $\frac{82}{1000}$ = 0,082 A

VOORBEELDOPDRACHT 3
Een fietser rijdt met een snelheid van 5,2 m/s. Hoeveel km/h is dat?

Stap 1: Bedenk (of zoek op) dat 10 m/s gelijk is aan 36 km/h.
Stap 2: Je gaat van m/s naar km/h, dus vermenigvuldig je met 3,6.
Stap 3: Uitrekenen: De snelheid = 5,2 × 3,6 = ongeveer 19 km/h



figuur 4 Zoals je op deze maatkan kunt zien, is 1 L gelijk aan 1000 mL.

5 Meetinstrumenten aflezen

Als je een meting doet, lees je een meetwaarde – een getal – af op een meetinstrument. Bij het ene meetinstrument is dat gemakkelijker dan bij het andere.

Een digitaal meetinstrument, zoals een stopwatch of een digitale koortsthermometer, werkt elektronisch. De meetwaarde wordt in cijfers op een scherm weergegeven. Dit soort meters maakt het je erg gemakkelijk: je hoeft alleen de cijfers te noteren.

Een analoog meetinstrument, zoals een maatcilinder of een analoge spanningsmeter, heeft een schaalverdeling. Je leest een maatcilinder af door te kijken bij welk streepje de vloeistofspiegel zich bevindt. Bij een analoge spanningsmeter kijk je bij welk streepje de wijzer stilstaat.

Bij deze meetinstrumenten kun je niet meteen de meetwaarde aflezen.
Eerst moet je weten hoeveel elk streepje ‘waard’ is. Daar kun je als volgt achterkomen:

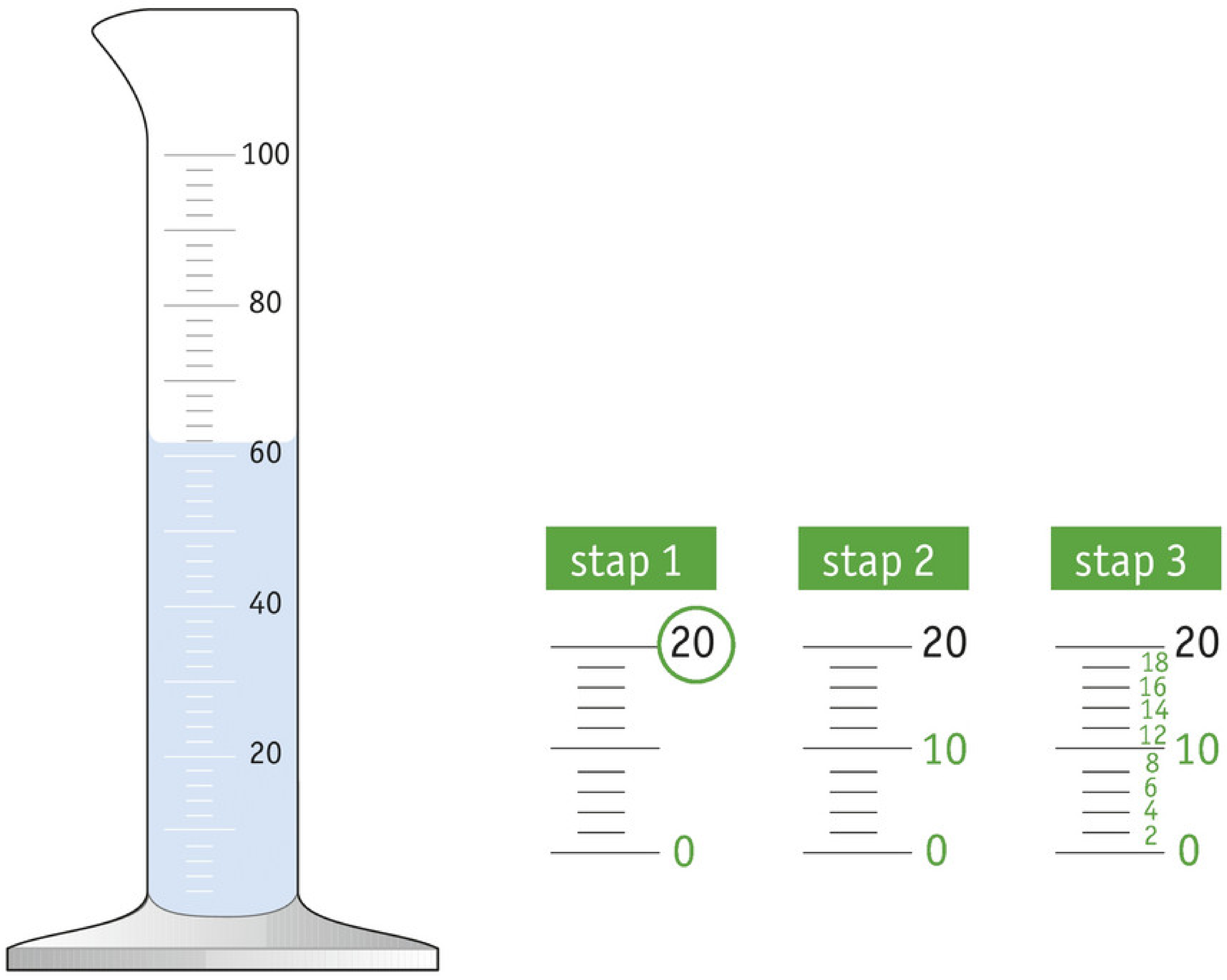
Stap 1 **Ga van de 0 naar het eerste streepje met een getal.**
Bij de maatcilinder in figuur 5 is dat het streepje waar 20 bij staat.

Stap 2 **Ga naar het streepje halverwege de 0 en het eerste getal.**
Bedenk welk getal bij dit streepje hoort. Bij de maatcilinder is dat 10.

Stap 3 **Bedenk nu wat elk streepje van de schaalverdeling waard is.**
Tel van 0 naar het eerste getal om te controleren of alles klopt.
Bij de maatcilinder gaat het goed als je in stappen van 2 mL telt.

Elk streepje van de maatcilinder is dus 2 mL waard.
Ga zelf na dat er 62 mL water in de maatcilinder zit.

Bij andere meetinstrumenten met een schaalverdeling ga je op dezelfde manier te werk.



figuur 5 Zo lees je een maatcilinder af.

6 Werken met een brander

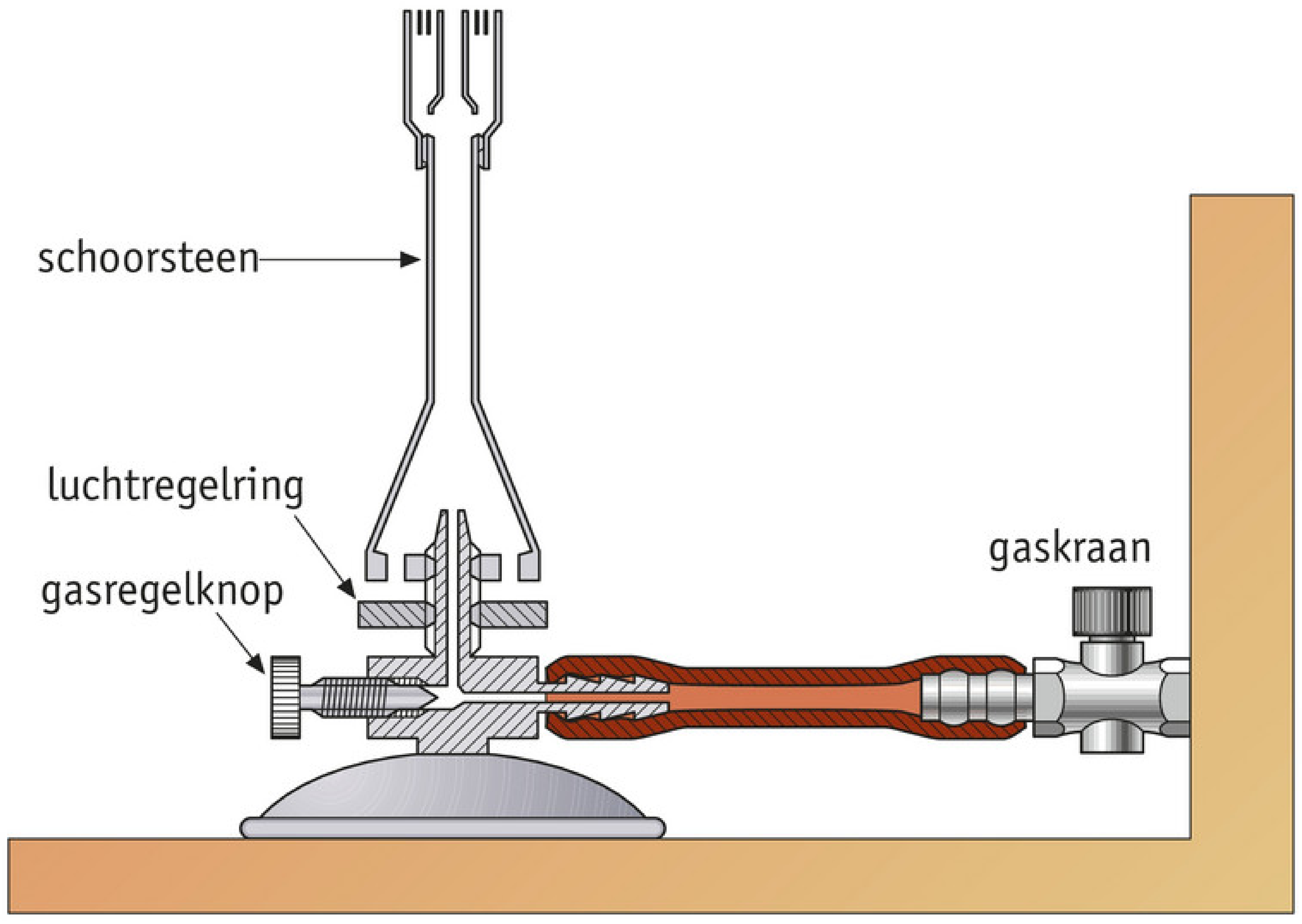
Bij het vak natuur- en scheikunde gebruik je af en toe een brander. Hieronder staat hoe je ermee moet werken.

Veiligheid

- Houd je aan de veiligheidsregels die je leraar met je heeft besproken.

Vooraf

- Controleer of de gasregelknop en de luchtregelring van de brander dicht zijn (figuur 6). Zo niet, draai ze dan dicht.



figuur 6 De onderdelen van een brander.

Aansteken

- Draai de gaskraan op je tafel open.
- Houd een brandende lucifer boven de brander.
- Draai de gasregelknop open.
- De brander brandt nu met een goed zichtbare, gele vlam.

Verwarmen

- Draai de luchtregelring open.
- De brander brandt nu met een slecht zichtbare, blauwe vlam. Deze blauwe vlam is veel heter dan de gele vlam. Om iets te verwarmen, gebruik je meestal een zacht ruisende, blauwe vlam (en nooit een gele vlam).

Proef onderbreken

- Laat de brander niet alleen als hij met een blauwe vlam brandt.
- Draai altijd eerst de luchtregelring dicht.
- De brander brandt dan met een goed zichtbare gele vlam.

Uitdoen

- Draai de luchtregelring dicht.
- Draai de gaskraan op je tafel dicht.
- Draai de gasregelknop dicht.

7 Werken met een spanningsmeter

Bij proeven met elektriciteit wordt vaak een spanningsmeter gebruikt. Je moet zo'n meter op de juiste manier aansluiten.

Aansluiten

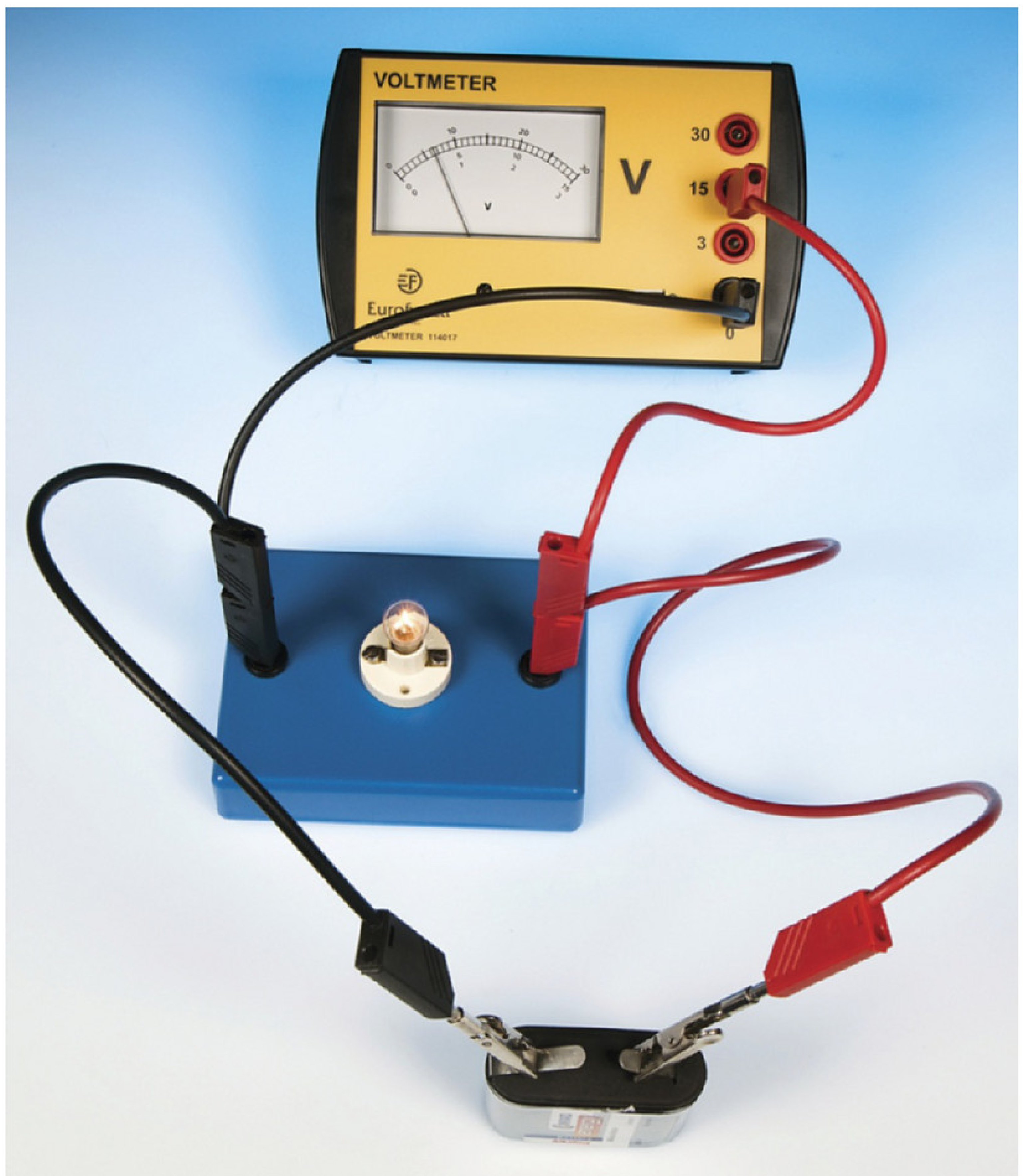
- Om de spanning 'over' een lampje te meten, schakel je de spanningsmeter parallel met het lampje. Zie figuur 7.
- Verbind de plus-pool van de batterij of voeding met de plus-aansluiting op de spanningsmeter. De wijzer beweegt dan de goede kant op. Als het toch fout gaat, sluit dan de twee snoeren 'andersom' op de meter aan.

Meetbereiken

- Veel spanningsmeters hebben verschillende meetbereiken. De meter in figuur 7 heeft bijvoorbeeld drie meetbereiken: 0–3 V, 0–15 V en 0–30 V. Als je het meetbereik van 0–3 V gebruikt, kun je spanningen meten tot maximaal 3 V.
- Voer eerst een 'testmeting' uit met het grootste meetbereik. Zo voorkom je dat de meter kapotgaat. Je ziet dan vanzelf of je een kleiner meetbereik kunt gebruiken.
- Doe de meting daarna met het kleinst mogelijke meetbereik. Dan slaat de wijzer verder uit en kun je nauwkeuriger aflezen wat hij aanwijst.

Aflezen

- Kijk altijd zo recht mogelijk op de meter en doe je best om nauwkeurig af te lezen.



figuur 7 Zo sluit je een spanningsmeter aan.

8 Werken met een stroommeter

Bij proeven met elektriciteit wordt vaak een stroommeter gebruikt. Je moet zo'n meter op de juiste manier aansluiten.

Aansluiten

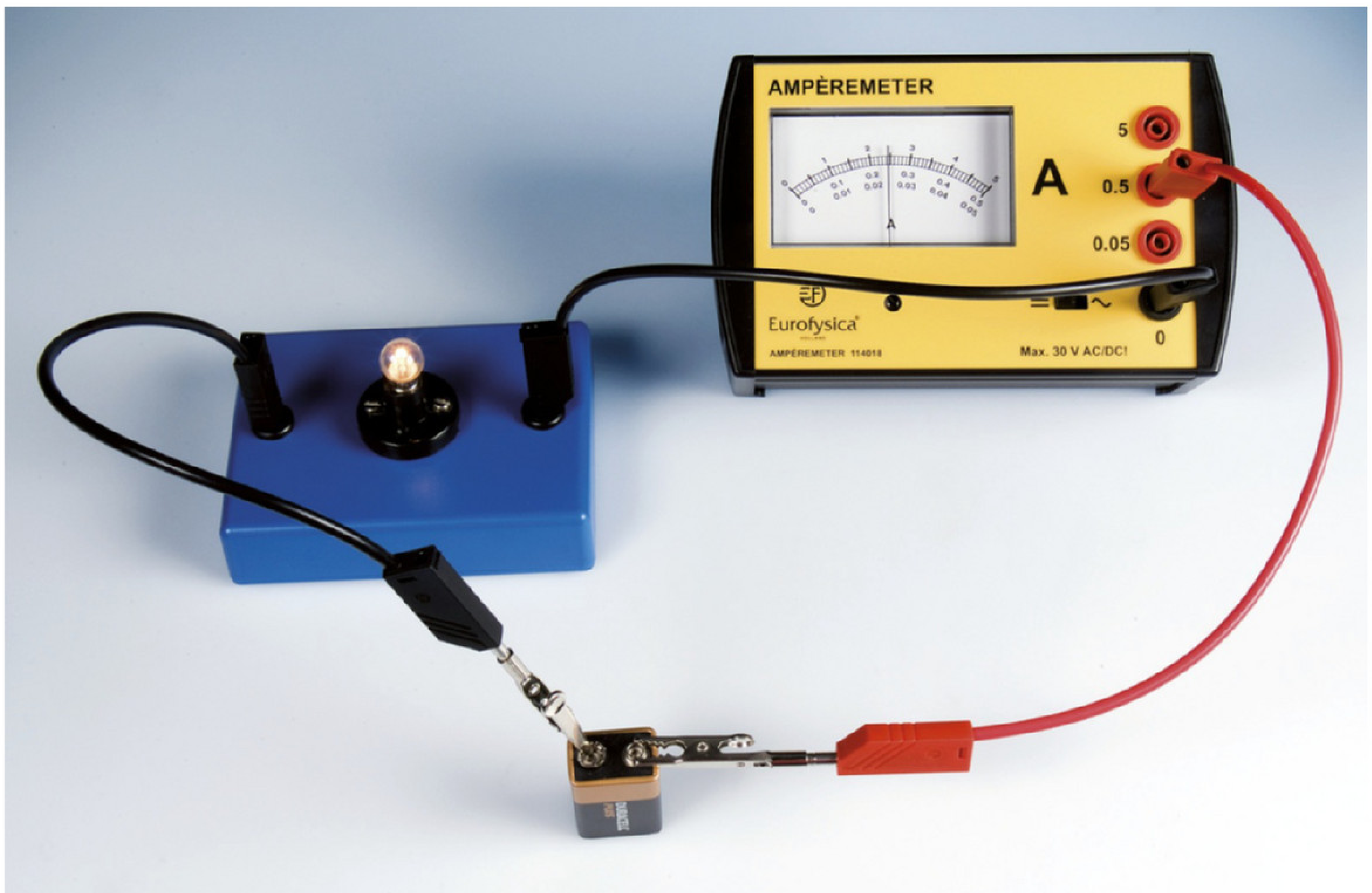
- Om de stroomsterkte door een lampje te meten, schakel je de stroommeter in serie met het lampje. De stroom door het lampje loopt dan ook door de meter.
- Verbind de plus-pool van de batterij of voeding met de plus-aansluiting op de stroommeter. De wijzer beweegt dan de goede kant op. Als het toch fout gaat, sluit dan de twee snoeren 'andersom' op de meter aan.

Meetbereiken

- Meestal kun je op de stroommeter verschillende meetbereiken kiezen. De meter in figuur 8 heeft er drie: 0-50 mA, 0–500 mA en 0–5 A. Als je het meetbereik van 0–500 mA gebruikt, kun je stromen meten tot maximaal 500 mA.
- Voer eerst een 'testmeting' uit met het grootste meetbereik. Zo voorkom je dat de meter kapotgaat. Je ziet dan vanzelf of je een kleiner meetbereik kunt gebruiken.
- Doe de meting daarna zo mogelijk met een kleiner meetbereik. Als je ziet dat de stroomsterkte 30 à 40 mA is, schakel je bijvoorbeeld over op 0-50 mA. Dan slaat de wijzer flink ver uit en kun je nauwkeurig aflezen wat hij aanwijst.

Aflezen

- Kijk altijd zo recht mogelijk op de meter en doe je best om nauwkeurig af te lezen.



figuur 8 Zo sluit je een stroommeter aan.

9 Werken met een multimeter

Bij proeven met elektriciteit kun je een multimeter gebruiken in plaats van een spanningsmeter of een stroommeter. Met een draaiknop op de meter kun je eenvoudig de te meten grootheid en het gewenste meetbereik kiezen (figuur 9).

De spanning meten

- Zet de draaiknop in het gebied DCV of V= en kies het hoogste meetbereik.
- Sluit de multimeter aan als een spanningsmeter: parallel met het lampje.
- Voer een 'testmeting' uit. Herhaal dit zo nodig met een kleiner meetbereik.
- Voer ten slotte de 'echte' meting uit met het kleinst mogelijke meetbereik.

De stroomsterkte meten

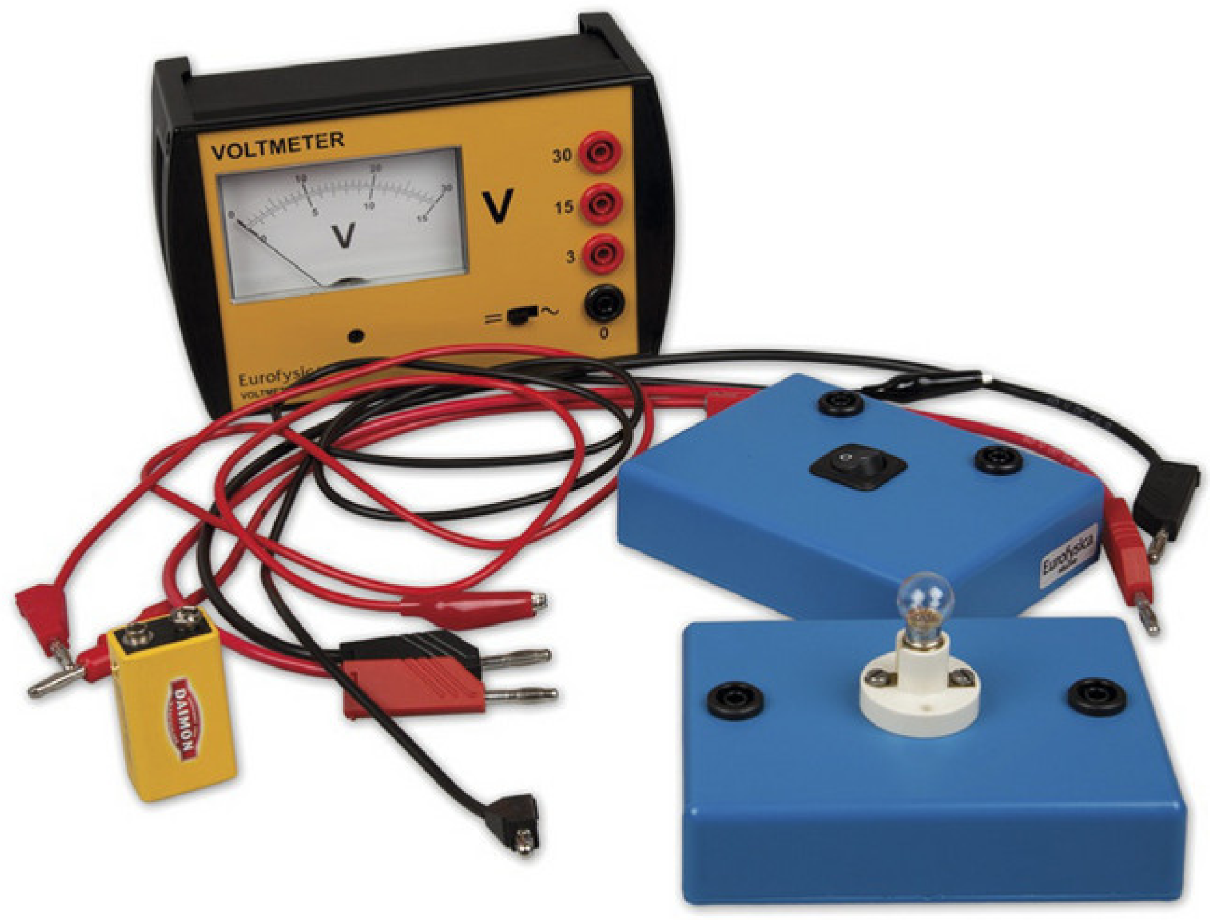
- Zet de draaiknop in het gebied DCA of A= en kies het hoogste meetbereik.
- Sluit de multimeter aan als een stroommeter: in serie met het lampje.
- Voer een 'testmeting' uit. Herhaal dit zo nodig met een kleiner meetbereik.
- Voer ten slotte de 'echte' meting uit met het kleinst mogelijke meetbereik.

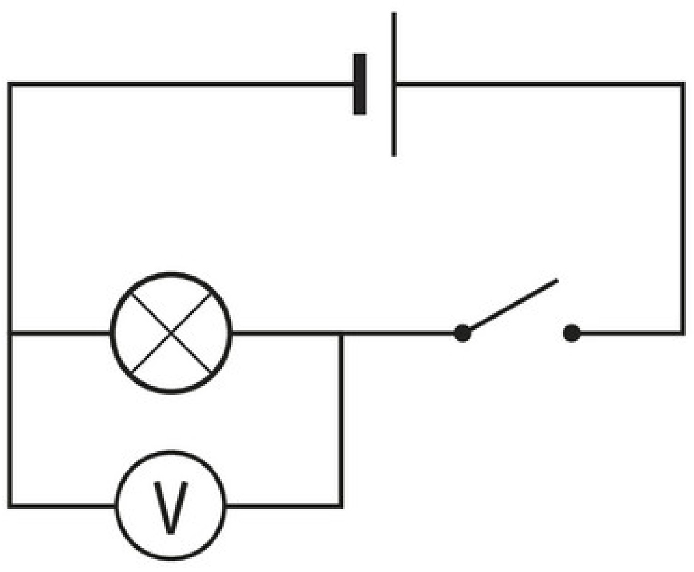


figuur 9 Een multimeter.

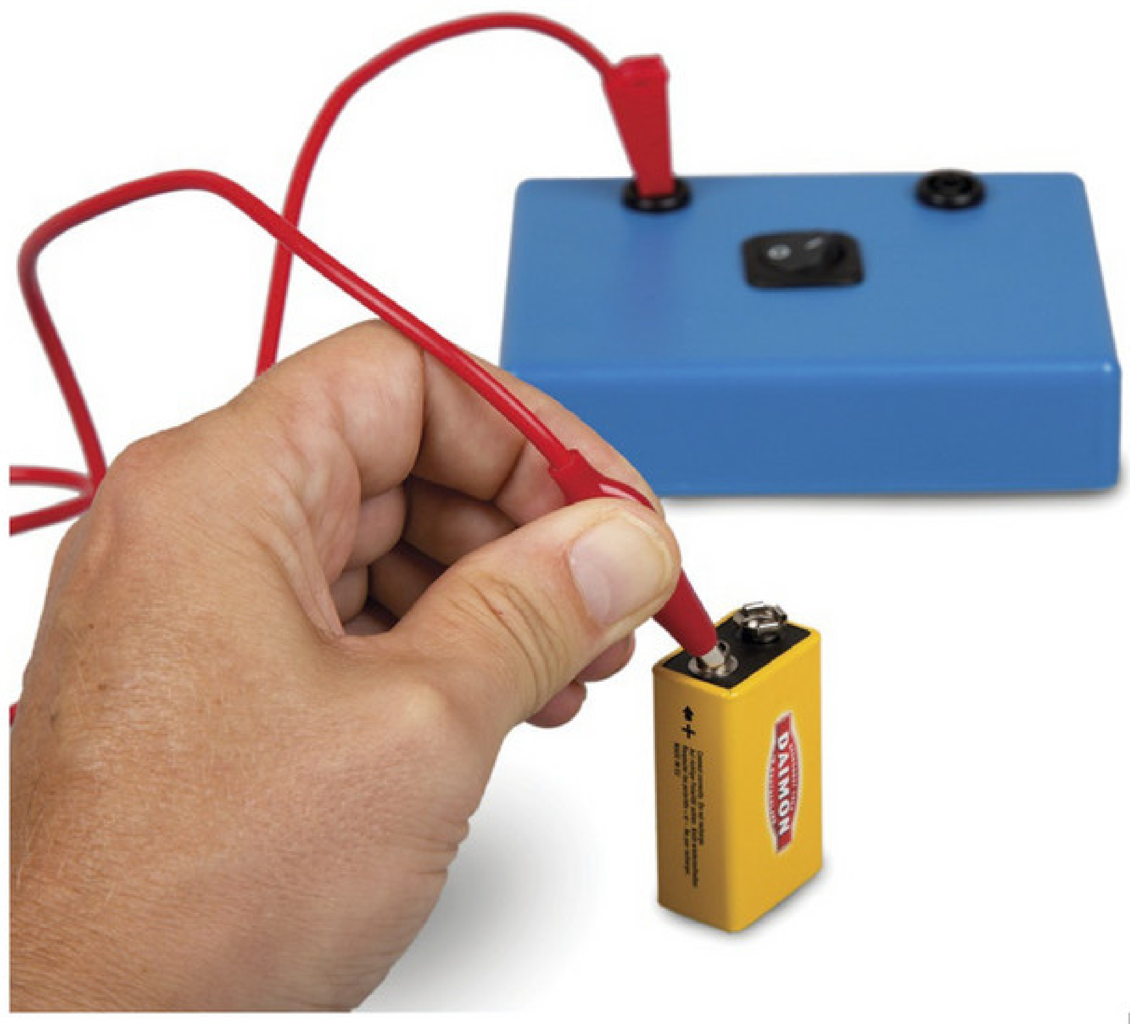
10 Schakelingen bouwen

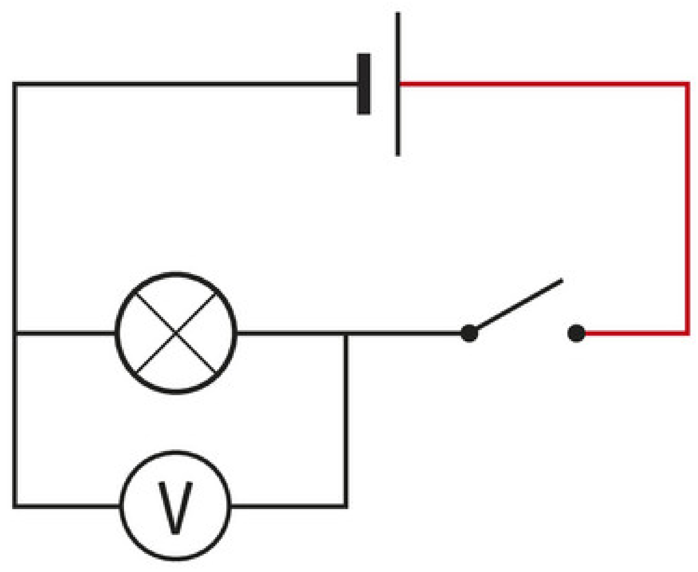
Bij sommige proeven bouw je een schakeling aan de hand van een schakelschema. Je kunt zo'n schakeling het beste stap voor stap opbouwen. In figuur 10 zie je hoe dat werkt.



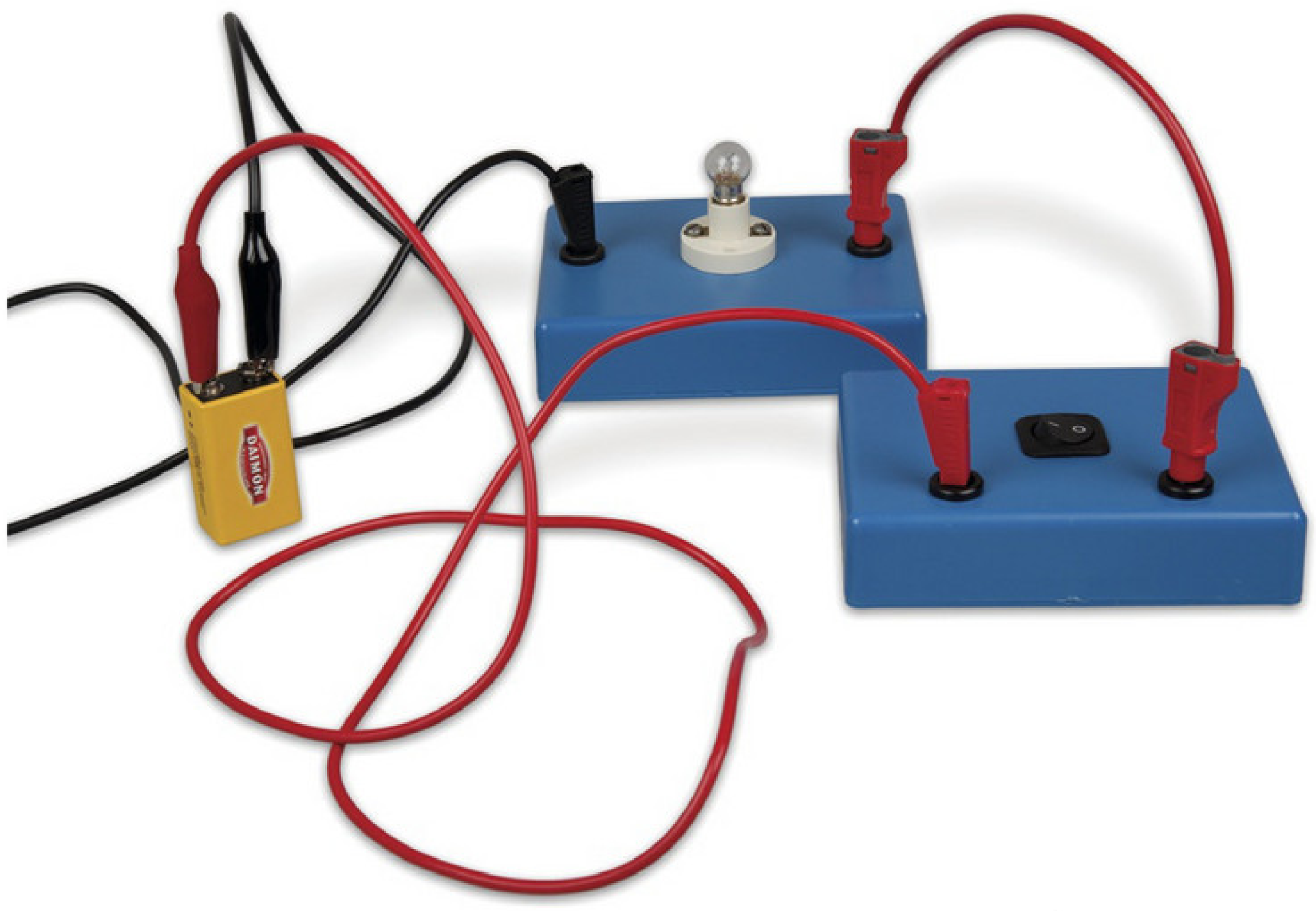


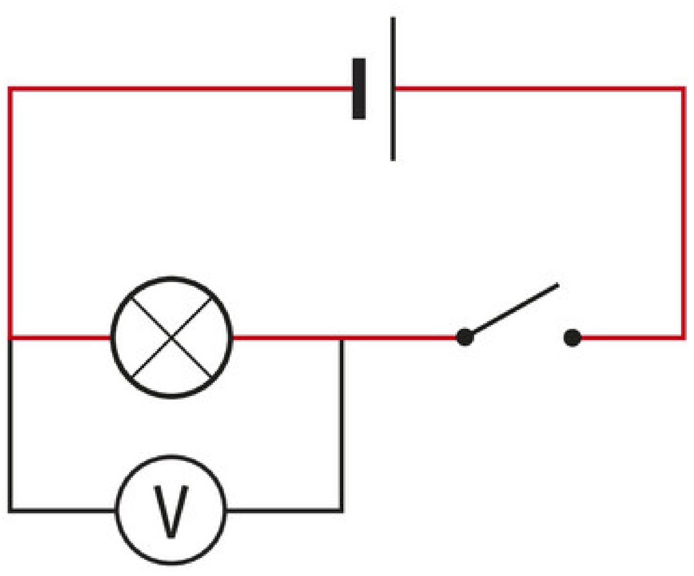
1 Verzamel de verschillende onderdelen.



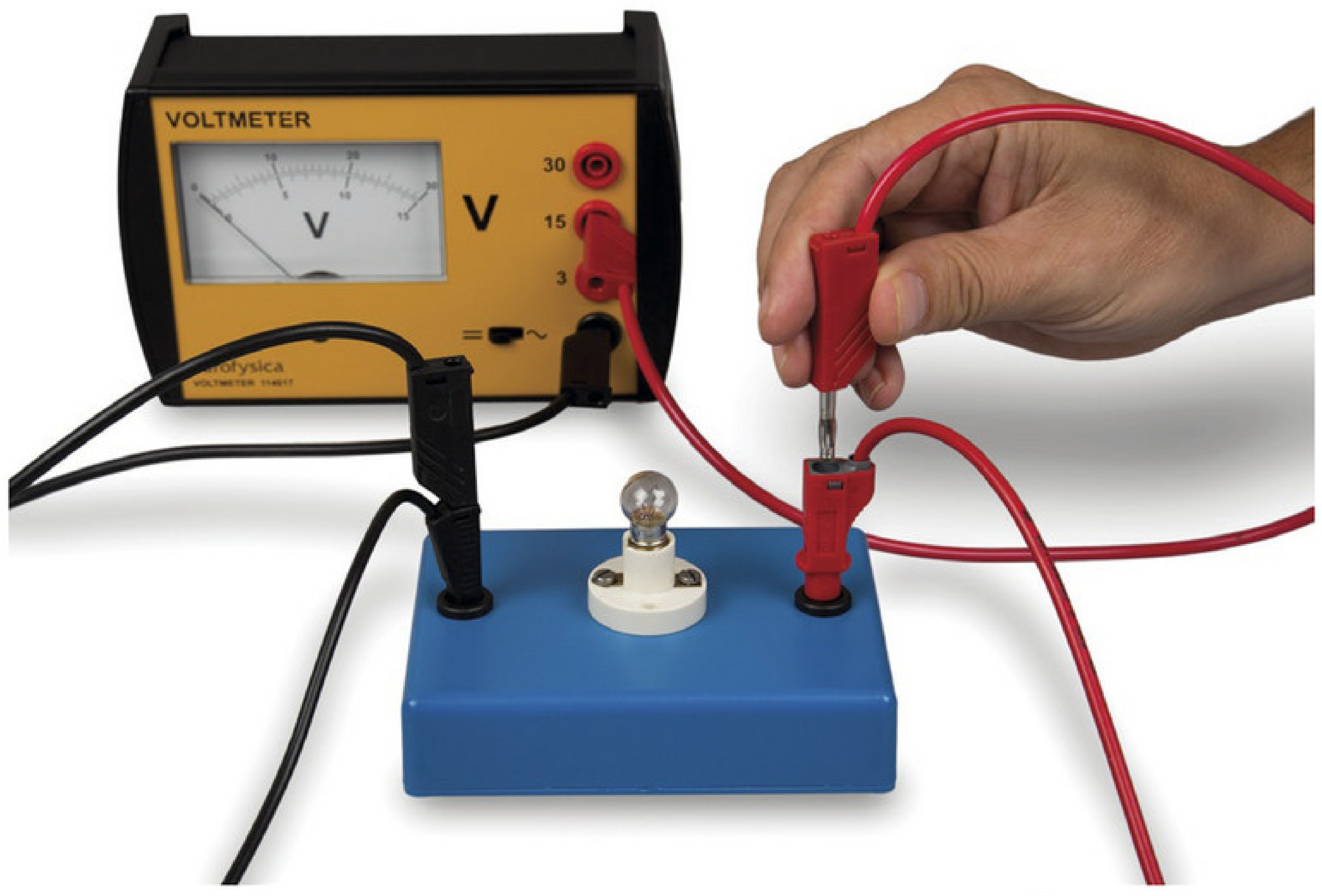


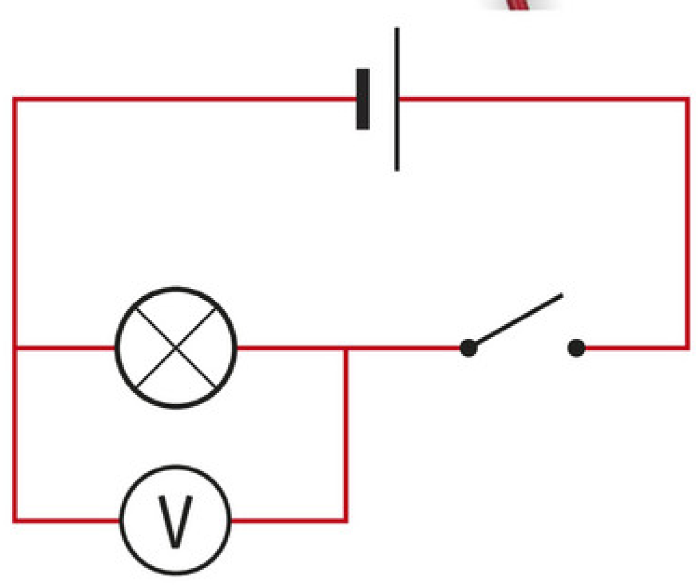
2 Begin met een rood snoer aan de plus-kant.





3 Sluit het lampje en de schakelaar aan: in serie.





4 Sluit de spanningsmeter aan: parallel met het lampje.

figuur 10 Een schakeling bouwen.

11 Werken met een oscilloscoop

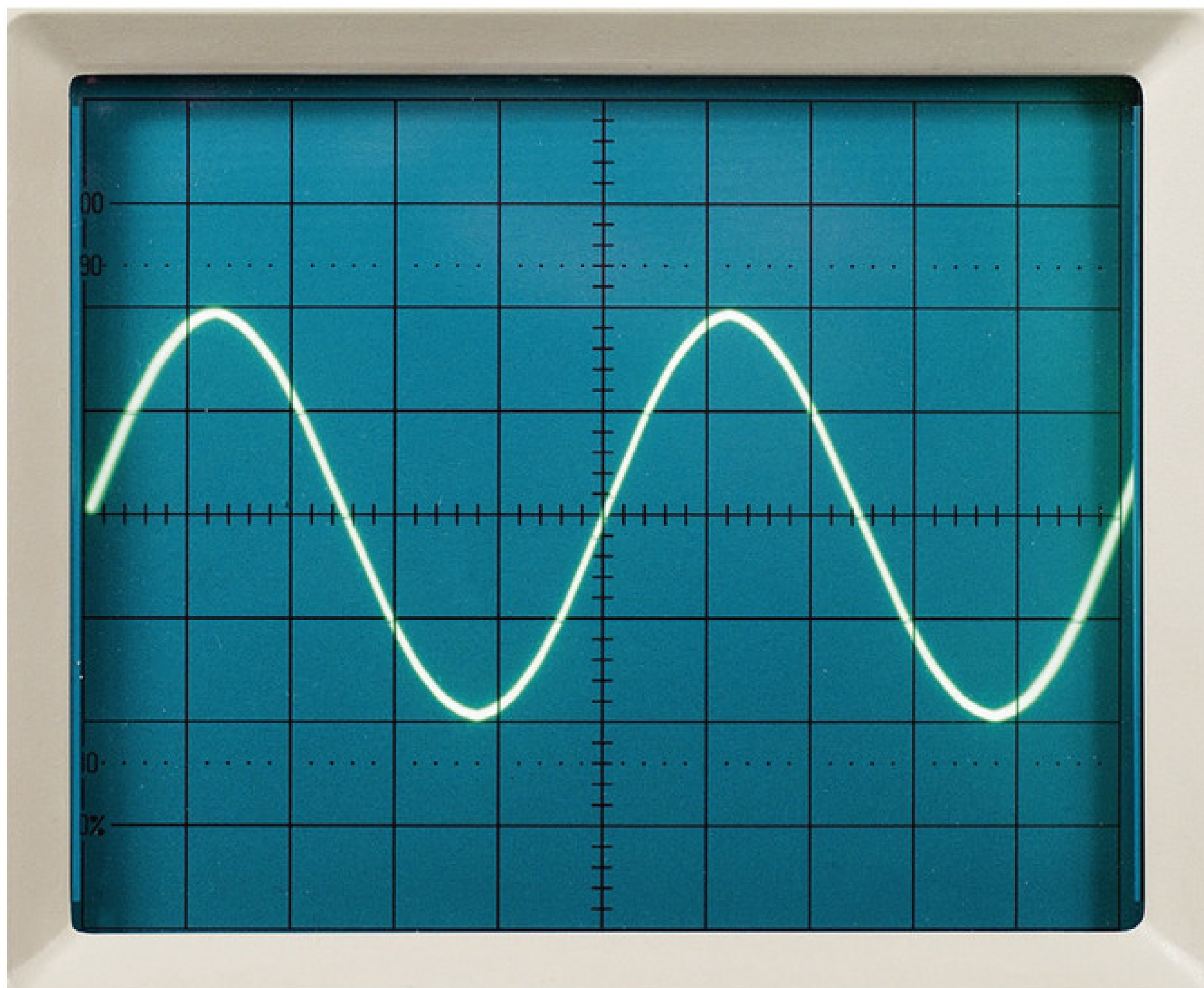
Met een oscilloscoop kun je de frequentie van een toon bepalen. Daarvoor moet je een microfoon aansluiten op de ingang van de oscilloscoop. Op het scherm verschijnt dan een figuur van de geluidstrilling.

De tijdbasis

Het scherm van de oscilloscoop is verdeeld in vakjes. Langs de horizontale as is de tijd uitgezet. Als één vakje 2 milliseconden breed is, zeg je dat de tijdbasis op 2 milliseconden per onderverdeling (2 ms/div) staat ingesteld. Je kunt de tijdbasis zelf instellen op de oscilloscoop.

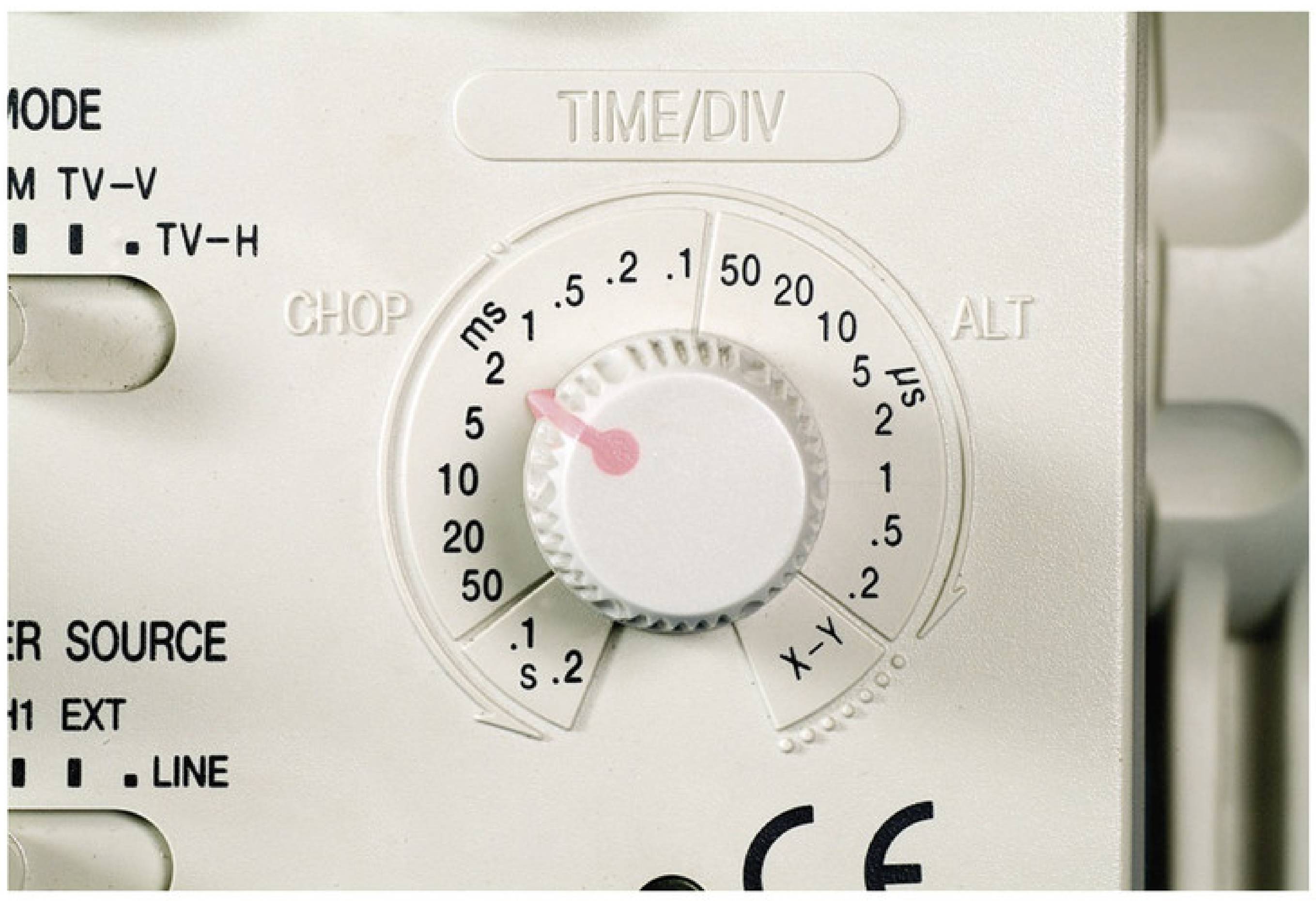
De tijdbasis instellen

- Soms zijn er te veel trillingen op het scherm te zien. Stel de tijdbasis dan in op een kleinere waarde.
- Soms is er maar een klein stukje van één trilling te zien. Stel de tijdbasis dan in op een grotere waarde.
- De tijdbasis is goed ingesteld als er enkele trillingen op het scherm te zien zijn. Je kunt dan goed op het scherm aflezen hoeveel tijd voor één trilling nodig is (figuur 11).

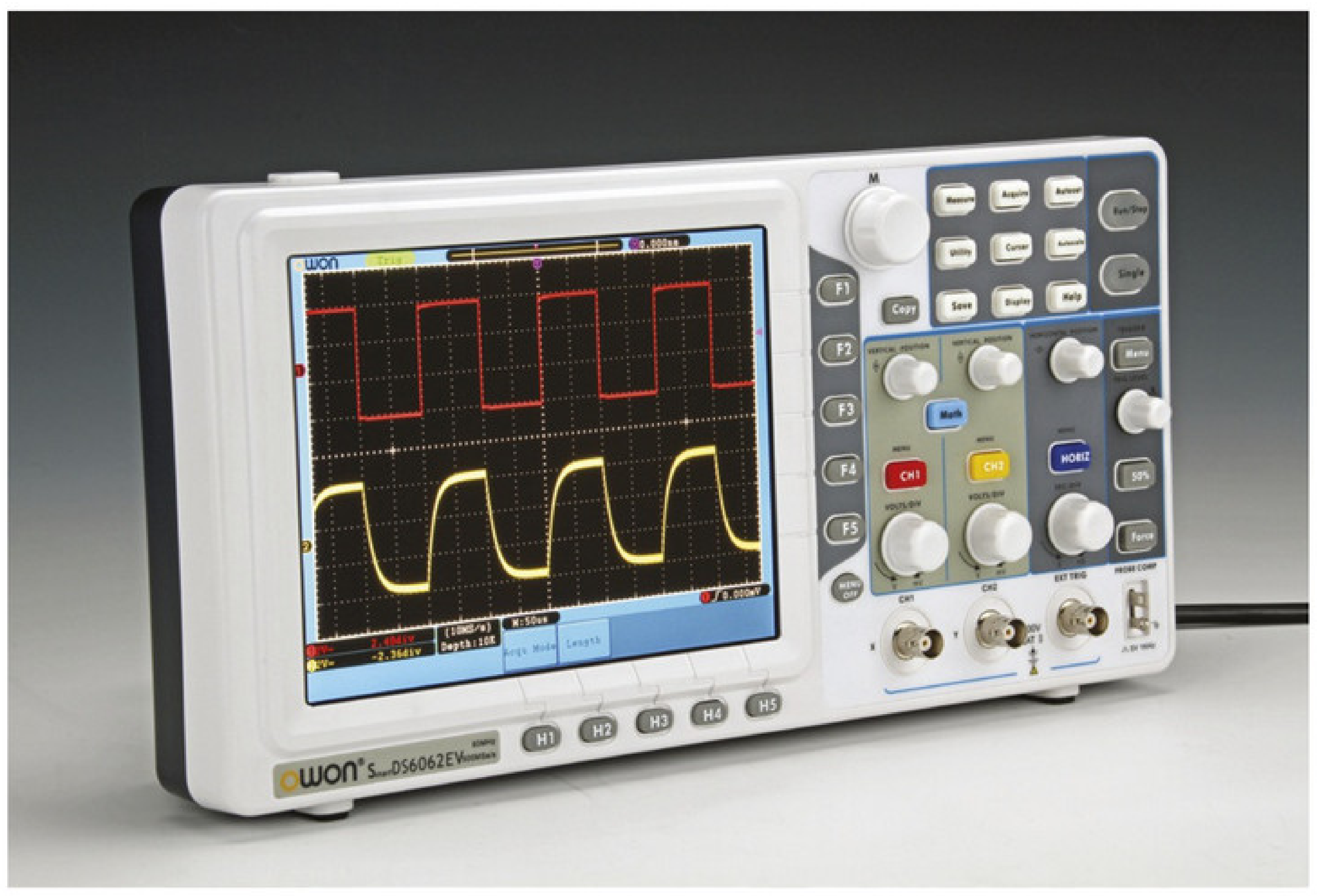


figuur 11 Het oscilloscoopbeeld van een trilling.

Bij een analoge oscilloscoop stel je de tijdbasis in met een draaiknop (figuur 12). Bij een digitale oscilloscoop kun je de tijdbasis ook zelf instellen, of met een druk op de autoset-knop de oscilloscoop de ideale tijdbasis laten zoeken (figuur 13).



figuur 12 De tijdbasis van een oscilloscoop.



figuur 13 Een digitale oscilloscoop.

12 Werken met formules

Bij het vak natuur- en scheikunde moet je af en toe berekeningen maken. Je moet daarbij duidelijk laten zien hoe je aan het antwoord komt.

Werk een berekening daarom als volgt uit:

Stap 1 **Schrijf de gegevens volledig op.**

Stap 2 **Noteer wat gevraagd wordt.**

Stap 3 **Noteer de formule in de juiste vorm.**

Je schrijft de formule voor het vermogen:

- als vermogen = spanning × stroomsterkte om het vermogen te berekenen.
- als $\text{spanning} = \dfrac{\text{vermogen}}{\text{stroomsterkte}}$ om de spanning te berekenen.
- als $\text{stroomsterkte} = \dfrac{\text{vermogen}}{\text{spanning}}$ om de stroomsterkte te berekenen.

Stap 4 **Vul de gegevens in.**

Stap 5 **Noteer het antwoord: een getal, gevolgd door een eenheid.**

Rond de uitkomst af, als je antwoord anders te veel cijfers krijgt. Een bruikbare vuistregel is dat je antwoord evenveel of maximaal één cijfer meer heeft als het gegeven met het kleinst aantal cijfers.

VOORBEELDOPDRACHT

Een metalen cilinder heeft een massa van 196 g en een volume van 22 cm^3.
Bereken de dichtheid van de stof waarvan het cilindertje gemaakt is.
Om welke stof zou het kunnen gaan?

gegevens massa = 196 g
volume = 22 cm^3

gevraagd dichtheid = ?

uitwerking $\text{dichtheid} = \dfrac{\text{massa}}{\text{volume}} = 8{,}9\ g/cm^3$

Het cilindertje zou van koper gemaakt kunnen zijn. Zie tabel 1 De dichtheid van enkele stoffen (bij 20 °C) in paragraaf 4 van hoofdstuk 2.

13 Werken met tabellen en grafieken

Veel onderzoeksvragen gaan over het verband tussen twee grootheden. Neem bijvoorbeeld de onderzoeksvraag: *Wat is het verband tussen de temperatuur van water in een bekerglas en de tijd dat het water wordt verwarmd?*

Deze vraag gaat over het verband tussen de tijd en de temperatuur. Om deze vraag te beantwoorden, voer je een serie metingen uit. Je verwarmt het water met een brander. Om de minuut lees je de temperatuur van het water af op een thermometer. De meetresultaten noteer je in een tabel (zie figuur 14a). Na afloop geef je de meetresultaten weer in een grafiek.
Zo'n grafiek maak je als volgt (zie figuur 14b, c en d):

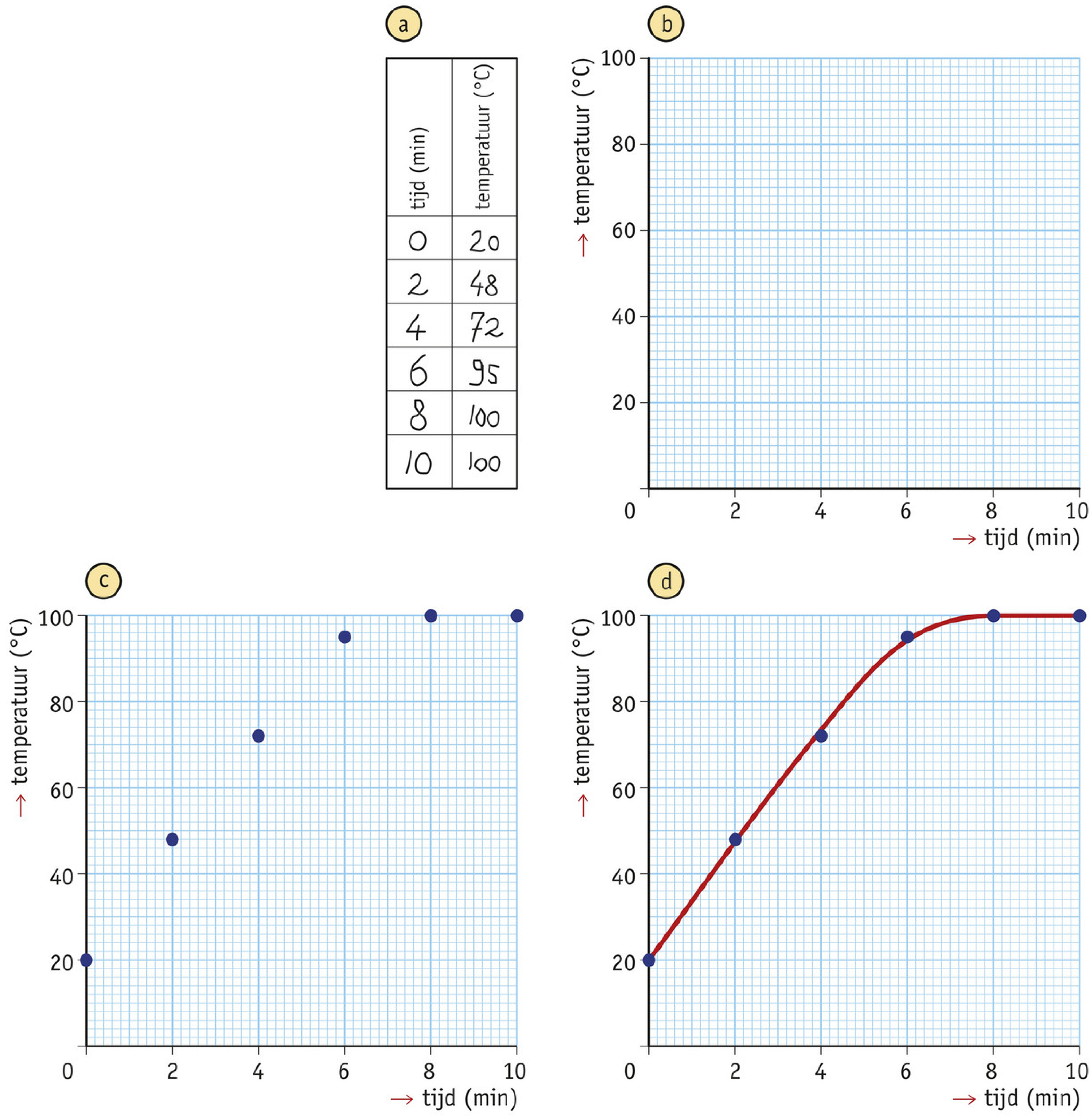
Stap 1 **Teken een assenstelsel.**

Stap 2 **Zet bij elke as een grootheid, met de bijbehorende eenheid.**
Bijvoorbeeld: tijd (min) en temperatuur (°C).

Stap 3 **Zet langs beide assen een geschikte schaalverdeling.**

Stap 4 **Teken de meetresultaten in als punten.**

Stap 5 **Teken een rechte lijn of een vloeiende kromme die zo goed mogelijk bij de punten aansluit. Je mag de punten niet een voor een met elkaar verbinden.**
Het geeft dus niet dat de rechte lijn of kromme niet precies door alle meetpunten loopt.



tijd (min)	temperatuur (°C)
0	20
2	48
4	72
6	95
8	100
10	100

figuur 14 Van tabel naar grafiek.

14 Een verslag schrijven

Bij een onderzoek hoort een verslag. In dat verslag leg je uit hoe het onderzoek is verlopen. Iemand die er niet bij geweest is, moet precies kunnen begrijpen wat er allemaal is gebeurd. Soms moet je ook een verslag maken van een practicumproef of een thuisopdracht.

Deel je verslag als volgt in:

Titelpagina
Hierop vermeld je: de titel van het onderzoek, de namen van de leerlingen in het onderzoeksgroepje, de klas, de naam van je leraar, de datum en het jaartal.

§ 1 Onderzoeksvraag
In deze paragraaf leg je uit welke vraag je met je onderzoek wilde beantwoorden.

§ 2 Werkplan
Hierin staat:
- een lijst met de spullen die je hebt gebruikt;
- een tekening van de opstelling die je hebt gemaakt;
- een korte beschrijving van wat je hebt gedaan.

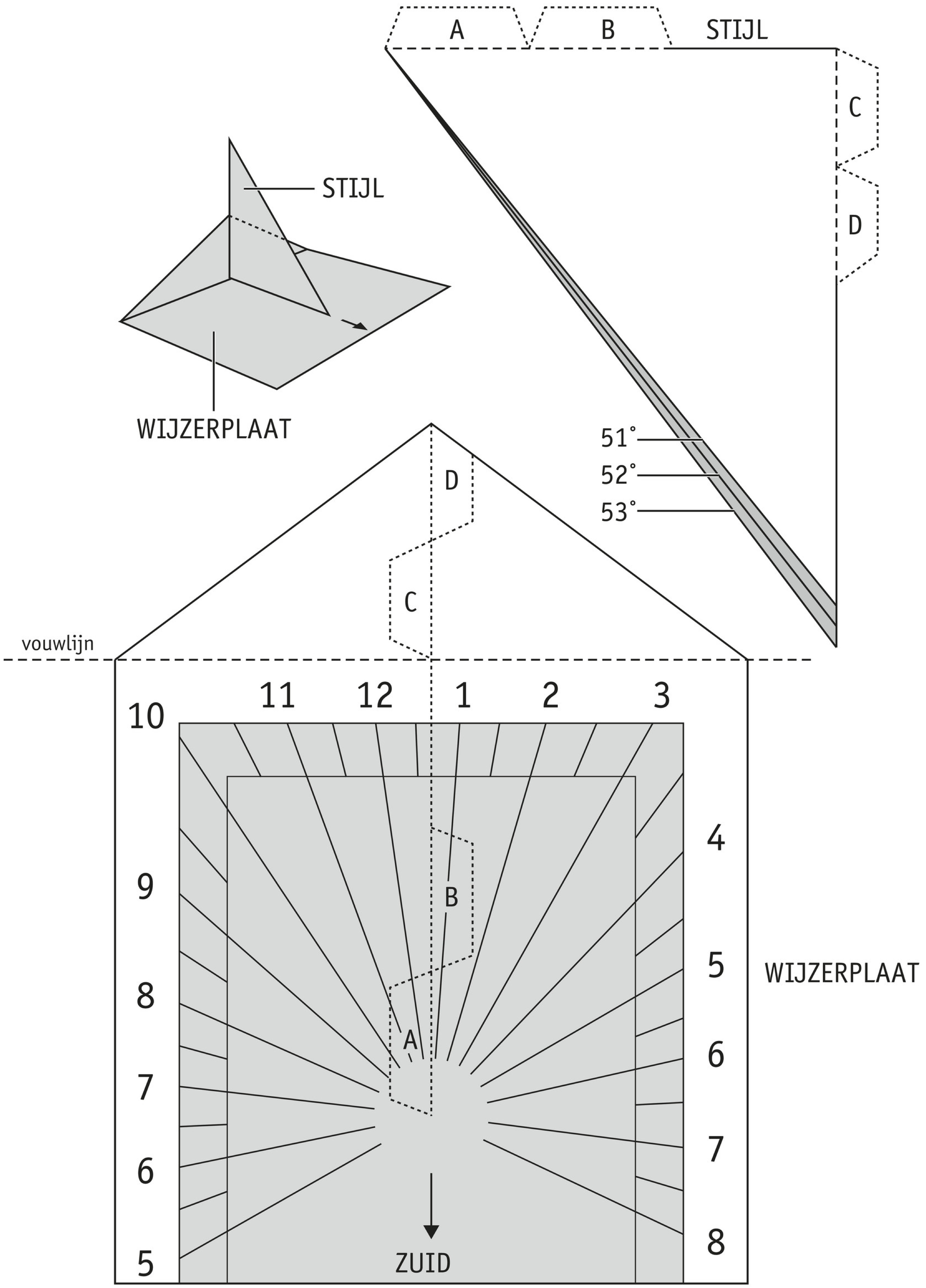
§ 3 Onderzoeksresultaten
Hierin vermeld je wat je hebt waargenomen of gemeten: in de vorm van tekst, tabellen, grafieken, foto's en dergelijke.

§ 4 Conclusie
Hierin staat het antwoord op de onderzoeksvraag.

Een verslag hoort er goed uit te zien. Het gaat niet alleen om de inhoud van je verslag. Je moet die inhoud ook duidelijk en overzichtelijk presenteren.

HOOFDSTUK 7 HET HEELAL
KNIPBLAD ZONNEWIJZER

Naar: esero.nl



Register

Achter elk begrip staat de pagina waarop het begrip in de leertekst wordt uitgelegd en de pagina waarop het begrip in het Leerstofoverzicht staat.

Colofon

ONTWERP BINNENWERK
Pointer grafische vormgeving
Crius Group

ONTWERP OMSLAG
Studio Struis

UITVOERING BINNENWERK
Crius Group

AUTEURS
R. Cremers
P. van Hoeflaken
F. Kan
M. Kelder
L. Lenders
P. Oosterlaak
C. Schatorjé
T. Seynaeve
R. Tromp

EINDREDACTIE
S. Michon

TECHNISCH TEKENWERK
Edwin Verbaal/Verbaal Visuele Communicatie, Arnhem, Erik Eshuis Infographics, Groningen

BEELDRESEARCH
B en U International Picture Service, Amsterdam

BEELDVERANTWOORDING
123RF/Dmitry Berkut: Pag. 99; 1996-2019 International Association of Athletics Federations - IAAF: Pag. 10, 15; Alamy Stock Photo/Imageselect/Christian Goupi: Pag. 175; Alamy Stock Photo/Imageselect/EyeEm: Pag. 119 (m.r.o.); Alamy Stock Photo/Imageselect/NASA: Pag. 119 (r.o.); ANP Foto / Science Photo Library/DAVID NUNUK: Pag. 142 (o.); ANP Foto /Science Photo Library/DAVID PARKER: Pag. 123 (o.); ANP Foto /Science Photo Library/GARY HINCKS: Pag. 113 (o.); ANP Foto /Science Photo Library/HERMAN EISENBEISS: Pag. 109 (b.); ANP Foto /Science Photo Library/JOHN CHUMACK: Pag. 123 (b.); ANP Foto /Science Photo Library/MARK GARLICK: Pag. 108, 120 (o.), 142 (b.); ANP Foto /Science Photo Library/MIGUEL CLARO: Pag. 106/107, 113 (b.); ANP Foto / Science Photo Library/NASA: Pag. 133; ANP Foto/Everett Collection: Pag. 161 (o.); ANP Foto/Evert-Jan Daniels: Pag. 20 (b.); ANP Foto/Hollandse Hoogte/Jan Lankveld: Pag. 66 (m.); ANP Foto/Hollandse Hoogte/NASA/ESA/Hubble/AFP: Pag. 121 (l.); ANP Foto/Pedro Ugarte: Pag. 17; ANP Foto/ Roel Visser: Pag. 50 (r.b.); ANP Foto/Science Photo Library/ LEONARD LESSIN: Pag. 177 (b.); Associated Press: Pag. 211 (o.); Courtesy of Philips. All rights reserved: Pag. 101 (r.); Depositophoto, San Francisco: Pag. 221; Edwin Verbaal/ Verbaal Visuele Communicatie, Arnhem: Pag. 77 (l.), 77 (r.), 109 (o.), 110 (l.b.), 110 (o.), 111 (b.), 111 (l.o.), 111 (r.o.), 112, 115 (b.), 115 (o.), 125, 126, 127, 131 (b.), 132 (o.), 139, 144, 146, 147, 148, 150, 151 (b.), 151 (b.), 151 (b.), 151 (b.), 151 (m.b.), 151 (m.o), 151 (m.o), 151 (m.o), 151 (m.o), 151 (o.), 152 (b.), 152 (l.o.), 152 (r.o.), 154, 155, 157 (b.), 157 (o.); Erik Eshuis Infographics, Groningen: Pag. 11 (b.), 13 (r.), 24 (o.), 26, 27 (o.), 28, 30, 32 (r.b.), 33, 36, 40, 45, 62 (m.), 70 (o.), 71 (b.), 71 (r.o.), 72, 73 (b.), 83, 182, 196; Eurofysica: Pag. 228 (r.b.); Getty Images/Flickr Open/Stuart Leche: Pag. 50 (l.b.); Getty Images/Flickr RF/Hélène Desplechin: Pag. 50 (o.); Getty

Images/Photo Researchers/jansucko: Pag. 12 (o.); Getty Images/Photo Researchers/Southern Illinois University: Pag. 173 (l.o.); Google: Pag. 84 (o.); Hollandse Hoogte/Bart van Overbeeke Fotografie: Pag. 54/55; Hollandse Hoogte/Bert Beelen: Pag. 73 (o.); Hollandse Hoogte/Gerard Til: Pag. 191; Hollandse Hoogte/Joyce van Belkom: Pag. 218; Hollandse Hoogte/Peter Hilz: Pag. 18 (o.); Imagebroker/Imageselect/John Pulsipher: Pag. 135; Jacob Breimer, Zeeland (NB): Pag. 20 (l.o.), 20 (r.o.), 85 (b.), 202, 203, 216; Koninklijke Philips BV, Amsterdam: Pag. 56 (l.); Laserpromotions b.v., Veenendaal: Pag. 70 (b.); Len Jellicoe's Photos/Len Jellicoe's Photos: Pag. 48; Merlijn Michon Fotografie, Amsterdam/Merlijn Michon Fotografie, Amsterdam: Pag. 8; NASA/ J. Clarke (Boston University), and Z. Levay (STScI): Pag. 121 (r.); NASA/ESA/SOHO/: Pag. 110 (r.b.); NASA/JPL: Pag. 129; NASA/JPL-Caltech/MSSS: Pag. 120 (b.); NASA: Pag. 136 (b.), 143 (r.o.); Nationale Beeldbank/John Huizing : Pag. 32 (o.); PCE Brookhuis, Enschede: Pag. 132 (b.); Pim Rusch Fotografie, Leiden/Erik Eshuis Infographics, Groningen: Pag. 227; Pim Rusch Fotografie, Leiden: Pag. 58 (l.b.), 58 (o.), 59 (l.o.), 59 (r.o.), 63 (l.), 63 (r.), 75 (b.), 76 (l.), 76 (r.), 190 (l.b.), 224, 225, 226, 228 (l.b.); Shutterstock/3000ad: Pag. 161 (b.); Shutterstock/Aerodim: Pag. 85 (o.); Shutterstock/Andrey Popov/Mino Surkala: Pag. 100 (o.); Shutterstock/BaLL LunLa: Pag. 184 (b.); Shutterstock/Blue Planet Earth: Pag. 172 (m.t.b.); Shutterstock/Christopher Chambers: Pag. 130; Shutterstock/DimaBerlin: Pag. 25 (o.); Shutterstock/Dmitriy: Pag. 119 (b.); Shutterstock/Dotted Yeti: Pag. 159; Shutterstock/Elena11 en Edwin Verbaal/Verbaal Visuele Communicatie, Arnhem: Pag. 117; Shutterstock/Elizaveta Galitckaia: Pag. 71 (l.b.o.); Shutterstock/Erika J Mitchell: Pag. 80; Shutterstock/FOTOGRIN: Pag. 49; Shutterstock/Glynnis Jones: Pag. 179; Shutterstock/Gorodenkoff: Pag. 160 (r.); Shutterstock/Hollygraphic: Pag. 140; Shutterstock/Jose AS Reyes: Pag. 173 (b.); Shutterstock/Jose HERNANDEZ Camera 51: Pag. 90; Shutterstock/Katharina Wittfeld: Pag. 82 (b.); Shutterstock/Ksanawo: Pag. 119 (l.o); Shutterstock/Maciej Czekajewski: Pag. 168; Shutterstock/marshalgonz: Pag. 160 (l.); Shutterstock/maurobeltran: Pag. 79; Shutterstock/MBLifestyle: Pag. 86; Shutterstock/Mehmet Cetin: Pag. 193 (r.); Shutterstock/Mohamed Elkhamisy: Pag. 143 (l.o.); Shutterstock/Monkey Business Images: Pag. 192 (o.); Shutterstock/Muratart: Pag. 145; Shutterstock/NARAPIROM: Pag. 180 (b.); Shutterstock/Natthawon Chaosakun: Pag. 172 (l.b.); Shutterstock/Nayoka: Pag. 56 (r.); Shutterstock/Olga Ionina: Pag. 193 (l.); Shutterstock/Paul PPP: Pag. 18 (b.); Shutterstock/Pim Kraster: Pag. 190 (o.); Shutterstock/pio3: Pag. 6/7; Shutterstock/REDPIXEL.PL: Pag. 166/167; Shutterstock/Robert Young: Pag. 172 (r.b.); Shutterstock/Roxana Gonzalez: Pag. 172 (m.l.b.); Shutterstock/Serov Aleksei: Pag. 81 (o.); Shutterstock/ShapikMedia: Pag. 62 (b.); Shutterstock/Stefan Malloch: Pag. 211 (b.); Shutterstock/Steve T. Bentley: Pag. 56 (m.); Shutterstock/Stone's Throw Media: Pag. 64 (b.); Shutterstock/Tristan3D: Pag. 119 (m.l.o.); Shutterstock/viper-zero: Pag. 71 (l.o.o.); Shutterstock/VIVOBOOK: Pag. 100 (b.); Shutterstock/Volodymyr Goinyk: Pag. 210 (o.); Shutterstock/wavebreakmedia: Pag. 101 (l.); Shutterstock/Wolfgang Kloehr: Pag. 143 (b.); Shutterstock/www.hollandfoto.net: Pag. 185 (b.); Shutterstock/Yarek Gora: Pag. 75 (o.); Shutterstock: Pag. 74, 228 (b.); The Erasmus MC University Medical Center Rotterdam: Pag. 209; Time & Life Pictures/Getty Images/Carl Iwasaki: Pag. 210 (b.); Wil Tirion - Uranography & Graphic Design, Capelle aan den Ijssel, (met toestemming van allesoversterrenkunde.nl): Pag. 141.

OMSLAG

anatoliy_gleb/Shutterstock

ISBN 978 94 020 6892 4

Release 2021, eerste oplage

MALMBERG

Je mag dit boek houden.
Handig als naslagwerk.

Je mag in dit boek schrijven
en aantekeningen maken.

Je hebt ook toegang tot
de online leeromgeving.

AUTEURS

R. Cremers
P. van Hoeflaken
F. Kan
M. Kelder
L. Lenders
P. Oosterlaak
C. Schatorjé
T. Seynaeve
R. Tromp

EINDREDACTIE

S. Michon

ISBN 978 94 020 6892 4
596152

MALMBERG